

Otsonoitu vesi ylläpitosiivouksessa

Anna Tontti

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2015

Palvelujen tuottamisen ja johtamisen koulutusohjelma
Matkailu-, ravitsemis- ja talousala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) Tontti, Anna	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 17.04.2015
	Sivumäärä 68	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Otsonoitu vesi ylläpitosiivouksessa		
Koulutusohjelma Palvelujen tuottamisen ja johtamisen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Soili Partanen		
Toimeksiantaja(t) Tuula Suontamo Oy		
Tiivistelmä <p>Työssä tutkittiin puhtausalalle lanseeratulla LotusPro-otsonointilaitteella ja Series II- stabi-lisaattoripatruunalla (valmistaja Tersano inc.) valmistetun otsonoidun veden puhdistus- ja desinfiointitehoa ylläpitosiivouksessa. Aineiston keruussa käytetty kohde oli Jyväseudulla sijaitseva 60-paikkainen hoivakoti.</p> <p>Otsonoidulla vedellä ylläpitosiivottujen pintojen hygieniatasoa tarkasteltiin kvantitatiivises-ti ATP- ja Hygicult TPC-mittauksin. ATP-näytteitä otettiin yhteensä 62 kpl ja Hygicult TPC-näytteitä yhteensä 57 kpl. Mittaukset kohdistettiin hoivakodin pintahygienian kannalta kriittisiin kohtiin. Kvalitatiivista teemahaastattelumenetelmää käytettiin kartoitettaessa hoivakodin työkäytänteitä otsonoidulla vedellä tehtävässä ylläpitosiivouksessa. Teema-haastattelut (2 kpl) tehtiin henkilöille, joista toinen kuului hoivakodin hoitohenkilöstöön ja toinen siivoushenkilöstöön.</p> <p>Mittaustulosten perusteella otsonoidun veden puhdistus- tai desinfiointiteho ei riittänyt orgaanisen lian tai mikrobilian poistamiseen kaiken tyyppisiltä pinnoilta. Puhdistusteho oli sitä heikompi, mitä huokoisempi pinta oli ja mitä vaikeammin poistettava likatyyppi oli kyseessä. Puhdistusteho oli heikoin kosteiden tilojen (wc, suihku, sauna) karhennetuilla keraamisilla laattalattioilla. Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteiden laitoksen tutkijatoh-tori Marko Hyttisen mittausten perusteella tarkastelun kohteena ollut otsonaattori tuotti lähtötilanteessa vesiliuokseen otsonipitoisuuden 0,7 – 0,8 mg/l. Otsonipitoisuus laski no-peasti ja oli 0,26 mg/l 1,5 tuntia otsonivesiliuoksen valmistuksen jälkeen. Teemahaastatte-lujen perusteella siistijät olivat lisänneet käsi- ja konemenetelmin tapahtuvaa mekaniikkaa, jotta puhdistuksen lopputulos olisi ollut visuaalisesti tarkastellen riittävä.</p> <p>Otsonoitu vesi soveltuu sileiden lasi-, teräs- ja muovipintojen ylläpitosiivoukseen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) biofilmi, hoivakodin hygienia, mikrobilika, otsonointi, otsonivesi, ylläpitosiivous		
Muut tiedot		



Author(s) Tontti, Anna	Type of publication Bachelor's thesis	Date 17.04.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 68	Permission for web publication: x
Title of publication Ozonized water in everyday cleaning processes		
Degree Programme Degree Programme in Service Management		
Tutor(s) Partanen, Soili		
Assigned by Tuula Suontamo Oy		
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to study the impacts of ozonized water in surface hygiene in everyday cleaning processes. The studied devices were LotusPro-High Capacity Wall-Mount Unit (HCU) and Series II-stabilization module (produced by Tersano inc.) which have been recently launched in the Finnish cleaning markets. The research material was collected from a 60-seated nursing home in the Jyväskylä region, Finland.</p> <p>The level of hygiene on surfaces after cleaning with ozonated water was studied quantitatively by measuring with ATP- and Hygicult TPC-meters. The total number of samples were 62 (ATP) and 57 (Hygicult TPC). The measurements were focused on the critical points of surface hygiene in the nursing home. The practical working methods with ozonated water in everyday cleaning processes were studied by qualitative theme interviews. The theme interviews were conducted to two representatives; one of the cleaning personnel and one of the nursing staff.</p> <p>According to the results, the cleaning efficacy of ozonized water was not adequate to remove all microbial or organic impurities from all types of surfaces. The cleaning result was poor when the surfaces were porous and when the type of the impurity was more difficult to remove. The cleaning efficacy was the poorest in roughened ceramic floor surfaces in toilets, showers and sauna-areas. According to ozone concentration studies conducted by Dr. Marko Hyttinen from the department of Environmental Science at the University of Eastern Finland, the ozone concentration of ozonized water was at the beginning 0.7 – 0.8 mg/l. It decreased rapidly and was 0.26 mg/l 1.5 h after the preparation of the ozonized water. Based on the theme interviews, the janitors increased the amount of mechanical scrubbing with cleaning machines and hand-equipment to achieve a sufficient level of cleanliness when evaluated visually. Ozonized water is recommended for daily cleaning of smooth surfaces consisting of glass, steel and plastic.</p>		
Keywords/tags (subjects) biofilm, cleaning, microbial residues, hygiene of nursing home, ozonization, ozonized water		
Miscellaneous		

Sisältö

1	JOHDANTO	4
2	OTSONOITU VESI JA YLLÄPITOSIIVOUS	6
2.1	Ylläpitosiivouksen merkitys hygieniaoireiden ehkäisyssä	6
2.2	Hoivalaitosten ja kosteiden tilojen puhtaanapitoon liittyviä erityispiirteitä 12	
2.3	Otsoni vesiliuoksessa ja LotusPro-otsonointilaite.....	16
3	TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN	30
3.1	Tutkimusongelma	30
3.2	Aineiston keruu ja valinta	31
3.3	Aineistonkeruussa käytetyt mittarit ja työvälineet	33
3.4	Aineiston analysointi	36
4	TULOKSET.....	39
4.1	Pintapuhtaus- ja pintahygieniamittaukset	39
4.2	Teemahaastattelut	49
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA EHDOTUKSET JATKOTOIMENPITEIKSI	52
	LÄHTEET.....	58
	LIITTEET	61

KUVIOT

Kuvio 1. Otsonin hajoamisnopeus suhteessa lämpötilaan puhtaassa vesiliuoksessa (Eriksson 2005).....	18
Kuvio 2. Otsonimolekyylin resonanssirakenteita (Eriksson 2005)	18
Kuvio 3. LotusPro-otsonaattorin komponentit (lähde: Tersano inc. 2015).....	26
Kuvio 4. Otsonipitoisuuden määrittämisessä käytetyt mittalaitteet ja reagenssit.....	29
Kuvio 5. Reagenssin värimuutos korreloi vesinäytteen otsonipitoisuuteen	29
Kuvio 6. SystemSure II TM & Ultrasnap TM -luminometrijärjestelmä	34
Kuvio 7. Hygicult TPC -pakkauslaatikko ja suojaputkessa olevia kosketusliuskoja (vasemmalla), käytetty Hygicult -kosketusliuska (oikealla)	35
Kuvio 8. Hygicult TPC -näyte asukashuoneen ovesta ovenkahvan vierestä 16.9.2014, ennen siivousta (yläkuva) ja siivouksen jälkeen (alakuva)	42
Kuvio 9. Hygicult TPC -näyte asukashuoneen wc-tilan lattiasta 16.9.2014, ennen siivousta (yläkuva) ja siivouksen jälkeen (alakuva)	43
Kuvio 10. Lattia saunan oven kohdalta 16.9.2014, ennen siivousta (yläkuva) ja siivouksen jälkeen (alakuva)	45
Kuvio 11. Saunaosaston lattia pukuhuoneen ja pesuhuoneen välisen oven kohdalta ennen siivousta (yläkuva) ja siivouksen jälkeen (alakuva)	46
Kuvio 12. Saunan alalaude 16.9.2014, ennen siivousta (yläkuva) ja siivouksen jälkeen (alakuva).....	47
Kuvio 13. Saunan istuinlaude 16.9.2014, ennen siivousta (yläkuva) ja siivouksen jälkeen (alakuva)	48
Kuvio 14. Otsoniveden kuljetuksessa käytetty vesisäiliö	52

TAULUKOT

Taulukko 1. Otsonipitoisuusmittauksen tulokset.....	30
Taulukko 2. Tulosten käsittelyssä käytetyt ATP -ja Hygicult TPC -menetelmien vertailuarvot, arvosanat ja värikoodaus (Suontamo 2015).....	36

LIITTEET

Liite 1. Asukashuoneen hygieniataso 16.9.2014, ennen otsonoidulla vedellä tehtyä ylläpitosiivousta ja ylläpitosiivouksen jälkeen	61
Liite 2. Yhteiskäytössä olevan saunaosaston hygieniataso 16.9.2014 ennen tehtyä ylläpitosiivousta ja siivouksen jälkeen	62
Liite 3. Saunatilojen hygieniataso 30.9.2014, kun ”perinteisiä” puhdistusaineita oli käytetty ylläpitosiivouksessa kaksi viikkoa otsoniveden käytön päättymisestä.	63
Liite 4. Saunatilojen hygieniataso 14.10.2014, kun ”perinteisiä” puhdistusaineita oli käytetty ylläpitosiivouksessa n. kuukauden ajan otsoniveden käytön päättymisestä.	64
Liite 5. Teemahaastatteluissa esitetyt kysymykset	65
Liite 6. Käsitteet	66

1 Johdanto

Ympäristönäkökohtien huomioon ottaminen on muodostunut tärkeäksi toiminta-elementiksi puhtausalalla viimeisten vuosikymmenten aikana. Puhtausalalle on syntynyt tarvetta käyttää entistä ympäristöystävällisempiä puhdistusmenetelmiä. Ympäristöystävällinen siivousmenetelmä on vettä ja energiaa säästävä ja mahdollisimman vähän haitallisia kemikaaleja sisältävä.

Ideaalinen puhdistusmenetelmä on kuitenkin paitsi ympäristöystävällinen, myös käyttäjäystävällinen (se ei aiheuta terveyshaittoja tilojen tai puhdistusmenetelmän käyttäjille) sekä kustannustehokas ja soveltuu monenlaisiin ympäristöihin, tiloihin ja pinnoille sekä likatyypeille.

Pyrkimys kustannustehokkuuteen puhtauspalveluiden tuottamisessa on johtanut tarpeeseen arvioida uusien, markkinoille tulleiden puhdistusmenetelmien toimivuutta. Puhdistusmenetelmän kustannustehokkuus tarkoittaa itse puhdistusmenetelmän aiheuttamien kustannusten lisäksi menetelmän käytettävyyden huomioon ottamista. Kohteissa, joiden työaika on optimoitu, tulee käytettävien menetelmien olla nopeita ja helppokäyttöisiä. Lisäksi, jotta siivoustyön aiheuttamilta ammattiperäisiltä sairauksilta vältyttäisiin, työmenetelmät eivät myöskään saisi olla liian kuormittavia tai epäergonomisia. Tavoiteltaessa uusia, nopeita ja kustannustehokkaita puhdistusmenetelmiä tulee menetelmän soveltuvuus ammattikäyttöön arvioida käytännön siivoustyössä.

Siivouksella on todettu olevan suuri merkitys rakennuksen sisäilman laatuun, tilojen käytettävyyteen, esteettisyyteen ja sitä kautta tilojen käyttäjien terveyteen, viihtyvyyteen ja hyvinvointiin. Siivoustoiminnan tarkoituksena on ylläpitää asuin- ja työkäyttöön tarkoitettuja tiloja siten, että tilat ovat terveellisiä ja turvallisia käyttäjilleen. Oikein toteutetulla siivouksella kyetään ehkäisemään ennalta tartuntatautiepidemioita ja vähentämään mikrobirtuntoja. Tämä tarve korostuu terveydenhuoltoympäristöissä, esimerkiksi hoivakodeissa. Siivouksella ja valitulla puhdistusmenetelmällä tulisi kyetä ehkäisemään ennalta mikrobikasvustojen synty ja tartuntojen leviäminen hoivakodin asukkaasta toiseen.

Siivouksella on suuri vaikutus myös pintamateriaalien elinkaareen. Siivouksella kyetään säilyttämään rakennuksen sisäympäristön pintojen toimivuus koko niiden elinkaaren ajan. Pintojen suojaamisen ja hoidon tarve vaihtelee suuresti ja riippuu pintaan kohdistuvasta mekaanisesta tai kemiallisesta kulutuksesta ja pinnan elinkaaren vaiheesta. Pintamateriaalin merkitys sopivan puhdistusmenetelmän valinnassa on suuri. Otsonoidun veden soveltuvuudesta erilaisille pintamateriaaleille ei ole toistaiseksi tietoa puhtausalalta, sen sijaan elintarvike-, tekstiili-, puunjalostus- ja vedenkäsittelyteollisuuden aloilta tietoa on saatavilla.

Tässä työssä tutkittiin otsoniveden puhdistus- ja desinfiointitehoa sekä otsonoidun veden käytettävyyttä ylläpitosiivouksessa. Tutkittavana laitteena oli viime vuosina Suomessa puhtausalalle lanseerattu, kaupallinen, kanadalaisen Tersano inc. -yhtiön valmistama ja Suomen Otsonivesi Oy:n maahantuoma LotusPro -otsonointilaitte. Laitetta on myyty Suomessa julkishallinnon ja yksityisten palvelujen tuottajien käyttöön mm. kouluihin, terveysasemille, päiväkoteihin ja teollisuustiloihin.

Lokakuussa 2014 Tampereella järjestetyillä Finnclean -messuilla SSTL Puhtausala ry palkitsi Suomen Otsonivesi Oy:n maahantuoman ja kanadalaisen Tersano inc. -yhtiön valmistaman LotusPro-otsonaattorin ”Vuoden uutuustuotteena 2014”. Tämän opinäytetyön toimeksiantaja oli Tuula Suontamo Oy.

Otsonoidulla vedellä ylläpitosiivottujen pintojen puhtaus- ja hygieniatasoa tarkasteltiin kvantitatiivisin menetelmin ottamalla ATP - ja Hygicult TPC -pintapuhtausnäytteitä. Tutkimuksen aineistonkeruun kohteena oli 60 -paikkainen hoivakoti. ATP -mittauksia tehtiin yhteensä 62 kpl ja Hygicult TPC -mittauksia yhteensä 57 kpl. Lisäksi otsonivedellä toteutetun ylläpitosiivouksen siivouskäytänteitä tarkasteltiin kvalitatiivisesti tekemällä teemahaastatteluja hoivakodin hoitohenkilöstön ja siivoojien keskuudessa. Teemahaastattelujen tarkoituksena oli tarjota lisätietoa johtopäätösten tueksi.

2 Otsonoitu vesi ja ylläpitosiivous

2.1 Ylläpitosiivouksen merkitys hygieniaoireiden ehkäisyssä

Ylläpitosiivous tarkoittaa säännöllisesti suoritettavaa siivousta ja pintojen hoitoa. Sen tarkoituksena on nimensä mukaisesti pitää yllä palvelusopimuksessa sovittua puhtaustasoa. Ylläpitosiivousta tehdään päivittäin, viikoittain, jaksoittain ja tarpeen mukaan. Ylläpitosiivousmenetelmin poistetaan likaa, estetään mikrobikasvustojen kasvu sekä hoidetaan pintoja, jolloin pinnat säilyvät hyväkuntoisina ja lian kiinnittyminen pintaan estyy. Ylläpitosiivouksen tärkeänä tavoitteena on myös perussiivousten mahdollisimman vähäinen tarve (Finne-Soveri, Heikkinen, Hyötylä, Jakobsson, Kakko-ri, Lankinen, Nykänen, Oljakka, Paajanen, Pentti & Sinervo 2003, 5.7.)

Ylläpitosiivouksessa käytetään kuivia, nihkeitä tai kosteita käsi- ja konemenetelmiä. Märkiä menetelmiä suositellaan käytettäväksi vain, kun poistetaan kiinnittynyttä likaa. Siivous tehdään vedettömän siivouksen periaatteella. Vedettömällä siivouksella tarkoitetaan sitä, että käytettävät siivouspyyhkeet ja lankaosat kostutetaan valmiiksi ennen työn aloittamista pyykinpesukoneessa tai käsimenetelmin laittamalla lankaosat siivoussankoon ja kaatamalla mitattu puhdistusaineliuos niiden päälle. Liuoksen annetaan imeytyä, minkä jälkeen pyyhkeet ja lankaosat ovat valmiita käyttöön. Vettä ei kuljeteta siivousvaunussa työalueella, vaan lika poistetaan valmiiksi nihkeytetyillä välineillä. Välineen likaannuttua se vaihdetaan puhtaaseen, jolloin likaa ei levitetä paikasta toiseen. (Finne-Soveri ym. 2003, 5.7.)

Puhtaus voidaan määritellä monin eri tavoin. Puhtaus voi olla fysikaalista, kemiallista tai mikrobiologista. Fysikaalisesti puhtailla pinnoilla ei ole roskaa eikä hiukkaslikaa. Kemiallisesti puhtailla pinnoilla ei ole pinnan koostumukseen nähden vieraita aineita. Mikrobiologinen puhtaus edellyttää, että pinnalla on sallittu määrä tai ei lainkaan mikrobeja. Puhtautta voidaan tarkastella myös asiakkaan näkökulmasta. Tällöin puhtaus tarkoittaa viihtyisyyttä, toimivuutta, hyvää järjestystä ja sisäilman puhtautta (Välikylä, Kivikallio, Suontamo, Keinänen, Kärnä & Aalto 2010, 23.)

Lika on pinnan käyttötarkoitusta haittaava aine, joka on erilaisin puhdistusmenetelmin poistettavissa (SFS 5967 – Puhtausalan sanasto, 6.) Eri likatyypit jaotellaan seuraavasti:

- irtolika (kuiva tai märkä lika, joka ei ole kiinnittynyt tai tunkeutunut pintaan)
- kiinnittynyt lika (kuivunut tai nihkeä pintaan laajalle alueelle tarttunut lika)
- pinttynyt lika (pitkän ajan kuluessa muodostunut likakerrostuma)
- tahra (pienellä alalla oleva kiinnittynyt tai pinttynyt lika),
- eritetahra (ihmisen tai eläimen eritteestä muodostunut lika),
- mikrobilika
- biofilmi. (SFS 5967 Puhtausalan sanasto, 6.)

Lika voi olla veteen liukenevaa (hydrofiilista) tai veteen liukenematonta (hydrofobista). Suuri osa tavallisimmista likatyypeistä on veteen liukenevia, ja niiden liukenemista voidaan tehostaa erilaisilla happamilla, neutraaleilla ja emäksisillä aineilla. Lämpö tehostaa lian liukenemista, mutta liukeneminen vaatii myös aikaa ja mekaniikkaa. Hydrofobinen lika voi olla esimerkiksi rasvalikaa. Osa veteen liukenemattomasta liasta voi liueta orgaanisiin liuottimiin. Lika voi koostua myös hienojakoisista hiukkasista, jotka tunkeutuvat pintamateriaalin huokosiin (Aulanko 2010, 9.)

Suontamon (2011, 3) mukaan lika on monien erilaisten aineiden (kemiallisten yhdisteiden) seos. Lika voi olla kiinteää tai nestemäistä, märkää tai kuivaa. Lika on peräisin vedestä (kalkkisaostumat), ihmisistä (rasva, hilse, mikrobit, eritteet), ihmistoiminnoista (ruoanlaitto, lämmitys), materiaaleista (tekstiilipöly, kemikaalipäästöt), luonnosta (eläin- ja kasvijätteet, multa, siitepöly, mikrobit) sekä liikenteestä ja teollisuudesta (noki, öljy, rasvat).

Perinteisten pesu- ja puhdistusaineiden keskeisenä komponenttina ovat erilaiset syntetiset tensidit. Jotta lika siirtyisi pinnalta veteen, on veden pintajännitystä alennettava. Tensidin tehtävänä on irrottaa lika pinnalta veteen ja hajottaa lika suspensioksi tai emulsioksi vesiliuokseen siten, että lian uudelleen tarttuminen pintaan estyy ja lika pysyy vesiliuoksessa. Tensidimolekyylissä on hydrofobinen ja hydrofiilinen pää. Lika irtoaa siten, että tensidimolekyylin hydrofobinen pää tarttuu lian pintaan. Vierekkäisten tensidimolekyylien hydrofiiliset päät joutuvat silloin vierekkäin. Hydrofiili-

silla päillä on negatiivinen varaus ja ne hylkivät toisiaan repien lian samalla irti. Lopputilanteessa sekä likahiukkaset että pinta ovat tensidin kuorruttamia (Salkinoja-Salonen 2002, 33, 34.)

Lika voi likatyypin mukaisesti kiinnittyä pintaan monella eri tavalla. Se voi kiinnittyä särmien avulla (kalkkisaostumat), rasvan välityksellä (ihoeritteet, kosmetiikka), sähkövarauksilla (kuiva hiukkaslika, suolat, puhdistusainejäämät ja niihin tarttuva lika), imeytymällä (rasvat, öljyt ja pigmentit imeytyvät huokosiin pintoihin kuten käsittelemättömään puuhun) sekä reagoimalla materiaalin kanssa (erilaiset tahrat) (Suontamo 2011, 4.)

Puhdistusprosessissa pyritään purkamaan lian kiinnittymismekanismit. Eri lika-aineet käyttäytyvät eri tavalla puhdistusprosessissa. Lian poistamiseen, puhdistustapahtumaan ja oikean puhdistusmenetelmän valintaan vaikuttavat monet olosuhdetekijät. Perinteisesti puhdistustapahtumaa on tarkasteltu ajan, kemian, lämpötilan ja mekaniikan funktiona. Myös lian määrällä ja laadulla, kiinnittymisellä ja liukoisuudella sekä puhdistettavan pintamateriaalin koostumuksella, pinnan puhdistettavuudella sekä pinnan kulutuksenkestolla ja kosteudensiedolla on suuri merkitys.

Tiloihin tulee tuottaa tilaan ja toimintoihin nähden riittävää ja tarpeen mukaista puhtaustasoa. Siivoustyötä suunniteltaessa hygienian kannalta kriittiset pisteet on tunnistettava. Kohteen käyttäjien toiminta, tavara- ja henkilöliikenteen kulkureittien kartoitus ja kosketuspintojen sekä pölykätöjen tunnistaminen ovat osa tätä tunnistamisprosessia. (Finne-Soveri ym 2003, 5.6.) Lisäksi käytettävissä oleva työaika ja henkilöstöresurssit ovat tärkeitä seikkoja. Oikein valittu työmenetelmä takaa hyvän puhtaustuloksen ja mahdollistaa työn tekemisen suunnitelmallisesti ja ergonomisesti (Välikylä ym. 2010, 14.)

Mikrobilialla tarkoitetaan mikrobeista (bakteerit, virukset, sienet) ja pieneliöistä aiheutuvaa likaa, joka on haitallista terveydelle tai puhtautta vaativalle toiminnalle esimerkiksi terveydenhuollon laitoksissa. Biofilmillä tarkoitetaan mikrobien ympärilleen erittämää suojakerrosta, joka vaikeuttaa niiden poistamista pinnoilta (SFS 5967 Puhtausalan sanasto). Suontamon (2011, 7) mukaan biofilmi on mikrobeista ja niiden

erittämistä polysakkarideista koostuva kolloidinen kasvusto, joka muodostuu kiinteille pinnoille. Biofilmi suojaa mikrobeja puhdistus- ja desinfiointiaineilta.

Bakteerit, virukset, sienet ja alkueläimet ovat osa ihmisen normaalia elinympäristöä. Ne tarvitsevat kosteutta, ravinteita ja sopivan lämpötilan kasvaakseen. Näistä tärkein tekijä on Välikylän (2008, 146) mukaan rakenteiden ja pintojen kosteus. Tosin sopivissa ravinne- ja lämpötilaolosuhteissa kasvu voi käynnistyä alhaisemmillaakin kosteustasoilla verrattuna niukempaan ravinneympäristöön. Monet sienet ja bakteerit ovat kasvuedellytyksiltään hyvinkin vaatimattomia. Jopa pöly betonin tai teräksen pinnalla sisältää riittävästi ravinteita mikrobikasvun käynnistymiseen. Mikrobit kasvavat yleisesti lämpötila-alueella 5-40°C, tosin kasvu on nopeinta 20 – 30°C:ssa.

Osa mikrobeista voi säilyä elinympäristössään pitkiäkin aikoja. Terveystieteissä tällaisia ovat esimerkiksi metisilliinille resistentti *Staphylococcus aureus* (MRSA), vankomysiinille resistentti enterokokki (VRE), *Clostridium difficile* sekä resistentit gramnegatiiviset sauvabakteerit. Myös virukset, kuten noro-, entero-, adeno- ja influenssavirukset voivat säilyä pitkään ympäristössä. (Sie, Thorstad & Andersen 2012, 71.)

Kun henkilön vastustuskyky jostakin syystä heikkenee, opportunistiset patogeenimikrobit voivat aiheuttaa infektion. Tartunta tapahtuu, jos mikrobi on taudinaiheuttamiskykyinen ja infektioannos (mikrobien määrä) ylittää tietyn rajan. Tartuntaan tarvitaan myös tartuntatie (kosketus, ilma), välittäjäaine (elimistön nesteet, ihohilse, pöly) ja infektioportti (haavat, kanyylit) jota myöten mikrobi pääsee elimistöön. Pölyllä on merkitystä mikrobien välittäjäaineena, sillä mikrobit voivat kulkea ilmavirtojen mukana kauas ilmassa leijailevien mikropartikkelien välityksellä (Finne-Soveri ym. 2003, 2.3.)

Biofilmit sisältävät mikrobien ja niiden erittämien polysakkaridien ("liman") lisäksi orgaanista ja epäorgaanista ainesta (likaa), joka on kosteissa tiloissa ihmisperäistä. Orgaaninen aine on esimerkiksi ihmisperäistä rasvaa ja proteiineja, epäorgaaninen aine esimerkiksi veden kalsium- ja magnesiumsuoloja. Suotuisat olosuhdetekijät edistävät biofilmin kehittymistä. Tärkeimmät olosuhdetekijät ovat likamassa ja kosteus, jotka mahdollistavat biofilmin synnyn. Biofilmejä kehittyy kaikenlaisten kiinte-

den materiaalien pinnoille, myös ruostumattoman teräksen pinnalle, jos kosteusolosuhteet ovat sopivat ja puhdistus riittämätöntä (Pönkä 1999, 249.)

Biofilmien muodostuminen alkaa lian kiinnittymisellä pintojen mikroskooppisiin rakkoihin ja halkeamiin. Näissä halkeamissa mikrobit alkavat lisääntyä likamassan suojissa. Biofilmejä syntyy helpommin pinnoille, joille lika kertyy tai vesi jää seisomaan. (Pönkä 1999, 249.) Salkinoja-Salosen (2002) mukaan polysakkarideista koostuvan biofilmin muodostumisen edellytys on pinnan ja bakteerien välillä oleva gradientti eli voimavaikutus. Voimavaikutus voi perustua mikrobien ja pinnan erilaiseen lämpötilaan, happamuuteen tai vesihakeutuneisuuteen (hydrofobisuus ja hydrofiilisyyss).

Kun bakteeri on kiinnittynyt pintaan, se ryhtyy tuottamaan sokeri- ja proteiiniyhdisteitä eli eksopolysakkarideja ja glykoproteiineja (Korkeala 2007, 370.) Bakteerit lisääntyvät biofilmin sisällä ja biofilmin massa kasvaa. Pinnan puhdistaminen on tällöin vaikeaa. Kun pinnat jätetään puhdistamatta ja niihin jää orgaanista jätettä, bakteerit käyttävät tämän ravinnonlähteen hyväkseen ja lisääntyvät edelleen. Mitä kauemmin pinnat ovat puhdistamatta, sitä hankalampaa niiden puhdistus on myöhemmin.

Paras tapa välttää hygieniaongelmilta on ennaltaehkäistä biofilmin muodostuminen. Finne-Soveri ja muut (2003, 5.4.) toteavat, että mikrobilian elinolosuhteisiin voi vaikuttaa poistamalla niiltä ravinnon (orgaanisen aineksen eli lian) ja kosteuden (pintojen kuivaaminen). Biofilmin syntymisen ennaltaehkäisy ja poisto edellyttää huolellista pintojen pesua.

Biofilmin kehittymiseen voi vaikuttaa myös puhdistusaineiden oikealla annostelulla. Jos puhdistusainetta käytetään liian vähän, likaa jää pinnoille mikrobien kasvualustaksi. Jos puhdistusainetta on yliannosteltu, pinnoille jää likaa ja mikrobeja kerääviä puhdistusainejäämiä (Välikylä ym. 2010, 13.) Jos biofilmi pääsee kehittymään pinnoille, ainoa keino sen hävittämiseen on perusteellinen mekaaninen puhdistus.

Näkymätön lika on poistettava pinnoilta varsinaisen puhdistuksen jälkeen desinfiointitoimenpiteillä. Johtuen mikrobeja suojaavasta polysakkaridimassasta biofilmin mikrobit ovat yleensä erittäin resistenttejä tavanomaisimmille desinfiointiaineille. Perinteiset desinfiointiaineet tehoavat eri tavoin eri mikrobeihin. Herkimpiä desinfiointiai-

neille ovat grampositiiviset kokit. Vastustuskykyisimpiä ovat gramnegatiiviset sauva-bakteerit ja viruksista mm. adeno- ja hepatiittivirukset. Tätäkin vastustuskykyisempiä ovat mm. sienten itiöt ja osa itiöivistä bakteereista. Vaikka laboratorioviljelmissä eristetty bakteeri näyttäisi olevan herkkä desinfiointiaineelle, tilanne ei ole sama ympäristössä, jonka olosuhteet ovat erilaiset (Pönkä 1999, 250, 291.)

Noro- ja muiden enterovirusten desinfiointissa on tarkasteltu sekä kemiallisia (natriumhypokloriitti) että fysikaalisia (lämmitys, ultraääni, paine, ionisoiva säteily ja UV) desinfiointimenetelmiä. Kemiallinen desinfektio on yleisimmin käytetty menetelmä virusten leviämisen estämiseksi. Fysikaaliset desinfiointimenetelmät soveltuvat virusten torjuntaan paikoissa, joita ei voida desinfioida kemiallisin menetelmin (Rönnqvist 2014, 33, 38.) Sie ja muut (2012, 77) toteavat, että kemiallisilla desinfiointimenetelmillä ja UV-valolla on rajoitettu teho mikrobeihin. Desinfiointiteho on riippuvainen paitsi mikrobien määrästä ja lajista, myös proteiinien, biofilmien ja muun orgaanisen aineksen läsnäolosta, desinfiointimenetelmän vaikutusalueesta sekä desinfiointirutiineista.

Mikrobilajit voivat edistää tai haitata toistensa kasvua. Kun ympäristössä kasvaa hallitsevasti jokin bakteerilaji, se voi tehdä lisääntymisensä välityksellä olosuhteet sellaisiksi, että seuraavan saman lajin tai eri lajin bakteerisukupolven lisääntyminen on helpompaa (synergismi). Toisaalta bakteerikasvusto voi muuttaa ympäristön olosuhteita siten, että seuraavien bakteerikasvustojen kasvu vaikeutuu (antagonismi). Tämä vaikutus on riippuvainen bakteerien erittämien aineenvaihduntatuotteiden (esimerkiksi happojen) laadusta ja kasvuympäristön happamuuden muutoksesta (Pönkä 1999, 249.)

Pintapuhtauden ja pintahygienian arviointi

Puhtautta arvioidaan visuaalisesti ja objektiivisilla pintapuhtauden määrittämis menetelmillä. Kuiviin tiloihin luokiteltavissa tiloissa tavoitellaan fysikaalista ja kemiallista puhtautta. Kosketuspinnolta vaaditaan myös mikrobiologista puhtautta. Visuaalisen pintapuhtauden arvioinnin puutteena on, että se paljastaa vain silmällä havaittavan lian (Välikylä ym. 2010.) Sie ja muut (2012, 77) toteavat, että puhtauden visuaalisella

laadunarvioinnilla näyttää olevan heikko korrelaatio siivouksen tekniseen laatuun. Objektiivinen puhtauden arviointi paljastaa myös sellaiset epäpuhtaudet, joita ei voida havaita silmämääräisesti.

Pintojen puhtautta seurataan ottamalla puhtausnäytteitä. Niillä todetaan joko mikrobien, solujen, proteiinien tai muun orgaanisen aineen määrä. Tavoitteena on seurata puhdistuksen tehokkuutta. Puhtausnäytteillä seurataan myös epäsuorasti haitallisten mikrobien määrää ja mikrobien lisääntymisedellytyksiä pinnoilla. Tavallisimmin käytettyjä menetelmiä ovat erilaiset mikrobien viljelymenetelmät sekä ATP:n ja proteiinin osoitusmenetelmät. Yhtä, joka paikkaan soveltuvaa menetelmää pintahygienian mittaamiseen ei ole onnistuttu kehittämään. Eri menetelmillä saatujen pintahygienianäytteiden tulokset voivat poiketa suuresti toisistaan. Tämä johtuu siitä, että eri menetelmät mittaavat eri asioita (Pönkä 1999, 295.)

Näytteet voidaan ottaa ennen ja jälkeen siivouksen, jolloin saadaan selville kyseisen siivouskerran tehokkuus. Siivouksen tasoa seurattaessa näytteet otetaan toistuvasti samoista kohdista. Pintapuhtausnäytteitä on otettava riittävän suuri määrä tilaa kohden, jotta satunnaiset tekijät eivät vääristä tuloksia. Laadunseurannan alkuvaiheessa näytteitä tulee ottaa suhteellisen usein, esimerkiksi kuukausittain. Jos näytteistä saadut tulokset ovat huonoja, ryhdytään korjaaviin toimenpiteisiin. Näytteenottoa ja korjaavia toimenpiteitä jatketaan, kunnes ongelman aiheuttaja on saatu poistettua ja tulokset ovat taas hyviä. (Välikylä ym. 2010, 19.)

2.2 Hoivalaitosten ja kosteiden tilojen puhtaanapitoon liittyviä erityispiirteitä

Kuntien velvollisuutena on järjestää laitoshuoltoa asukkaalleen silloin, kun hänen avun- ja huolenpidon tarpeeseensa vastaaminen kotiloissa tai muita sosiaalipalveluja avuksi käyttäen ei ole tarkoituksenmukaista (Sosiaalihuoltolaki 1982/710.) Laitosmainen hoito voidaan järjestää joko kunnan omana tuotantona tai ostamalla näitä palveluja muilta kunnilta, säätiöiltä tai yksityisiltä palveluiden tuottajilta.

Laitospalveluiden suurin asukasryhmä ovat iäkkäät henkilöt, joiden toimintakyky on alentunut. Jos asukkaat ovat ympärivuorokautisen avun tarpeessa, asumisjärjestelyt ja palvelutalon toiminta ovat ulkoiselta olemukseltaan pitkäaikaisen laitoshoidon kaltaisia. Iäkkäiden pitkäaikaishoitoa tarjoavia hoivakoteja on yleensä pidetty kodinomaisina tiloina. Siksi niiden hygieniatasoon ei ole kiinnitetty kovinkaan paljoa huomiota. Monia hoivakoteja voi kuitenkin verrata terveyskeskuksen vuodeosastoon, koska asukkaat ovat monisairaita ja infektioita esiintyy paljon (Finne- Soveri ym. 2003, 1.1., 2.1.)

Mikrobilääkkeille vastustuskykyisten bakteerien ajateltiin aiemmin olevan vain akuuttisairaaloiden ongelma, mutta niitä löytyy kasvavissa määrin myös pitkäaikais- hoitolaitoksista. Tämän vuoksi laitosepidemioiden torjumiseen on alettu kiinnittää enemmän huomiota. Taudinaiheuttajat siirtyvät kantajasta toiseen kosketustartuntana, ilmateitse tai pintojen välityksellä (Sie ym. 2012, 72.)

Suuri osa tartunnoista leviää käsien välityksellä. Tartunnan lähteitä ja levittäjiä ovat tällöin asukkaat, henkilökunta ja vierailijat. Työntekijöistä voi tulla patogeenisten mikrobien kantajia. Tällöin työasujen ja käsien välityksellä kontaminoidaan ympäristöä. Kantajien aiheuttama ympäristön kontaminaatio voi johtaa uusiin tartuntoihin ja vastustuskykyisten mikrobikantojen leviämiseen (mts. 72)

Tavallisimpia hoivalaitoksessa esiintyviä laitosinfektioita ovat erilaiset hengitystie- ja virtsatieinfektiot, suolistoinfektiot sekä jalkasieni. Hengitystieinfektiot tarttuvat kosketus- ja pisaratartuntoina. Virtsatieinfektion tärkein tartuntareitti on kädet. Suolistoinfektiot leviävät sekä kosketus- että pisaratartuntana. Virusinfektiot esiintyvät usein epidemioina. Viruksia erittyy useita vuorokausia oireiden loputtua kantajansa eritteisiin ja sitä kautta mm. pinnoille ja käsiin. Myös ilmassa leijailevat mikropartikkelit kuten pöly voi toimia mikrobien tartuntareittinä (Finne-Soveri ym. 2003, 2.5.)

Sie ja muut (2012, 76, 77) toteavat, että likaisella hoitoympäristöllä on yhteys korkeampiin infektiomääriin. Korkealla puhtaustasolla on taas yhteys infektoriskin vähemiseen. Hyvän käsihygienian lisäksi kosketuspintojen huolellinen puhdistus on tärkeää. Hoivalaitosten lattioissa on suuri bakteerireservi, joten lattian huolellinen puhdistus on tärkeää tartuntojen kurissa pitämisessä. Erilaisilla puhdistusmenetelmil-

lä on erilainen vaikutus bakteerimäärien ja orgaanisen aineksen vähentymiseen. Nihkeäpyyhinnän on todettu olevan paras menetelmä orgaanisen materiaalin poistoon lattioilta, mitattuna mikrobimäärillä (CFU) lattialta ja ilmasta ennen ja jälkeen siivouksen. Kuivapyyhintää ei suositella terveydenhoitotiloihin koska se kerryttää biologista materiaalia pinnoille ja kasvattaa ilmassa olevien hiukkasten määrää. Koneellista tai muutoin mekaanista märkäpuhdistusta suositellaan käytettäväksi, koska se vähensi merkittävästi koagulaasipositiivisen stafylokokin esiintyvyyttä, kun sitä käytettiin nihkeäpyyhinnän lisänä.

Kosteille tiloille, kuten peseytymis- ja saunatiloille, on ominaista tilojen korkeat hygieniavaatimukset ja tavallista raskaammat työskentelyolosuhteet. Tilat ovat lämpimiä, ilman suhteellinen kosteus on suuri ja pinnat ovat ihmisestä peräisin olevan likakuorman vuoksi hyviä kasvualustoja mikrobeille. Kosteiden tilojen lika ja lian mikrobit alentavat tilojen turvallisuutta ja mikrobimäärät kasvavat nopeasti terveysriskin tasolle (Välikylä ym. 2010, 9, 11.) Hygienian kannalta kriittisiä pisteitä ovat kulkuväylät ja rajapinnat pesutiloista saunaan, pukutiloihin ja WC-tiloihin.

Kosteiden tilojen likakuorma on peräisin kovasta vedestä (kalkkisaostumat) sekä ihmisestä ja ihmistoimintojen seurauksena kertyvistä kosmeettisista tuotteista. Kalkkisaostuma toimii bakteerien kasvualustana. Peseytymistilojen vaikeimmin poistettava lika on paljain silmin näkymätön biofilmi ja sen suojassa olevat mikrobit (Mts. 12, 36.)

Kosteiden tilojen lattialaatoilla on yleisesti ottaen hyvä kulutuksenkestävyys ja puhdistettavuus. Helpon puhdistettavuuden perustana on laatan kova ja tiivis pinta, mutta askelvarmuuden lisäämiseksi tehdyt karhennukset tekevät niiden puhdistamisen vaativaksi. Karkeapintaisten laattojen puhtaana pitäminen vaatii säännöllistä mekaanista puhdistamista. Keraamiset laatat kestävät happamia, emäksisiä ja liuotinpitoisia kosteiden tilojen siivoukseen tarkoitettuja puhdistusaineita. (Mts. 25, 34.)

Saunan lattiat ovat osoittautuneet hygieniaseurannassa likaisimmaksi kosteiden tilojen lattiapinnaksi. Lauteilta ja lauteiden välistä on myös havaittu hälyttävän suuria mikrobimääriä. Saunan kuumuus ei riitä mikrobikasvuston kehittymisen estämiseen. Lauteiden väleihin ja alapintoihin voi muodostua myös ihorasvojen ja –proteiinien

sekä saippuoiden muodostamaa kolloidilikaa. Pinnoilla saattaa olla myös eritetahroja. Lauteiden puu ei kestä happamia puhdistusaineita. Hapan aine irrottaa puun soluista tummaa ligniiniä vaalentaen puuta ja isontaen samalla pinnan huokosia, jolloin lika pääsee tunkeutumaan syvälle huokosiin ja puhtaanapito vaikeutuu. (Mts. 26.)

Kostea lika kulkeutuu syvälle pinnan epätasaisuuksiin ja on kuivumisen jälkeen vaikeasti poistettavissa. Lika voi myös muuttaa muotoaan vanhetessaan. Kolloidimainen ihorasvojen ja –proteiinien sekä saippuoiden muodostama seos leviää pinnoille kuivuksessaan ohueksi ja miltei läpinäkyväksi kalvoksi. Kalvon kastuessa se turpoaa ja muuttuu limaiseksi, lujasti pintaan kiinnittyväksi ja huokosiin tunkeutuvaksi likakerrokseksi. Kolloidilikaa muodostuu peseytymistiloissa esimerkiksi suihkuistuintein sekä lauteiden rakosiin ja alapintoihin. (Mts. 11.)

Hyvä huuhtelu ja kuivaus kannattaa kohdentaa erityisesti lattiakaivojen ympäristöön, koska lattiakaivoihin valuvassa vedessä on runsaasti biofilmin muodostumista edesauttavaa orgaanista likaa ja bakteereja. Myös lattioiden painanteissa seisova vesi on biofilmin kannalta kriittinen alue. Lattiapintojen säännöllinen huutelu ja kuivaaminen hidastavat bakteerien lisääntymistä ja ehkäisevät näin tehokkaasti biofilmin muodostumista (Mts. 11.)

Rakennuksen kokonaishoitokustannuksista noin 20 % kohdistuu lattioihin. Lattioiden hoidolliset kokonaiskustannukset muodostuvat päällysteen käyttöönottopesusta, ylläpitosiivouksesta ja hoidosta sekä peruspuhdistuksesta. Hoito ja kunnossapito ovat lattianpäällysteen käyttöiän aikana suurin kustannuserä. Hoitokustannuksia tulee tarkastella pidemmällä aikajänteellä, koska hoidon tarve vaihtelee päällysteen elinkaaren eri vaiheissa ja lattianpäällysteen ikääntyminen vaikuttaa eri päällysteisiin eri tavoin (Kivikallio, Partanen, Partanen & Peltonen 2003, 34.)

Siivouskustannukset (euroa/m²) koostuvat siivoushenkilöstön palkkakuluista, pääomakustannuksista ja käyttökustannuksista. Työmenetelmän tehokkuus (nopeus ja laatu) on olennainen kustannustekijä, koska palkkakulut ovat puhtaanapidon merkittävin menoerä. Lattiamateriaaleilla on siivouskustannuksiin vaikuttavia hoidollisia erityispiirteitä, joiden tunteminen auttaa eri päällysteiden välisten kustannuserojen hahmottamista (Mts. 39.)

Siivoustyön käsikirja vuodelta 2009 jakaa pintamateriaalit luokkiin, joita on pelkästään lattiamateriaalien osalta yli toistakymmentä. Tämäkin jako on hyvin karkea, eikä siinä huomioida eri valmistajien saman pintamateriaalin erilaisia variaatioita, saati vuoden 2009 jälkeen käyttöön otettuja uusia pintamateriaaleja. Jotta pinnat saadaan pysymään käyttökelpoisina ja hyväkuntoisina koko niiden elinkaaren ajan, vaatii jokainen pintamateriaalityyppi omanlaisensa hoidon ja puhdistuksen. Puhdistusta suunniteltaessa tulee lisäksi ottaa huomioon erilaisten liima-aineiden ja saumausmassojen huokoisuus ja kulutuksenkesto sekä kemikaalinsieto. Eri pintamateriaalien puhdistus- ja hoito-ohjeet saadaan tavallisesti suoraan valmistajilta.

Päällysteen pinnan tekniset ominaisuudet vaikuttavat pintamateriaalin puhdistettavuuteen. Pinnan huokoisuus, karheus ja vettä hylkivät ominaisuudet tekevät pinnasta vaikeammin puhdistettavan. Vastaavasti tiivis, sileä ja hydrofiilinen pinta on helpommin puhdistettavissa. Hyvät käyttöominaisuudet kulutuksen ja kosteuden keston sekä kemiallisen ja lämmönkestävyyden osalta lisäävät päällysteen puhdistettavuutta (Kivikallio ym. 2003, 32, 33.)

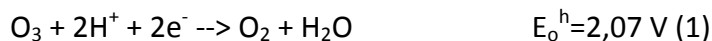
Siivouksen menetelmävalintojen taustalla on pintamateriaalien tunteminen. Virheelliset työmenetelmät vahingoittavat lattiapäällystettä ja heikentävät sen puhdistettavuutta. Vahingoittuneen lattian ylläpitosiivouksessa ei voida käyttää ainoastaan nihkeitä ja kosteita menetelmiä, vaan usein joudutaan turvautumaan vahvoihin puhdistusaineisiin ja hankaaviin työmenetelmiin, jolloin päällyste vaurioituu lisää. Pitkäaikainen päällysteen virheellinen hoito nostaa päällysteestä aiheutuvia ylläpitokustannuksia tarpeettomasti ja vaurioittaa pintaa pysyvästi. (Mts. 35.)

2.3 Otsoni vesiliuoksessa ja LotusPro-otsonointilaite

Otsoni on hapen allotrooppi. Otsonimolekyyli koostuu kolmesta happiatomista. Otsonin kemiallinen ja empiirinen kaava on O_3 . Otsoni on epästabiili, myrkyllinen ja hapettava kaasu. Otsonikaasu on väriltään sinertävää, nestemäinen otsoni on väriltään tummansinistä. Kaasun tiheys on $2,144 \text{ kg/m}^3$ (NTP, 273 K, 101,3 kPa). Nestemäisen otsonin tiheys on $1,574 \text{ g/cm}^3$ (-183°C), kiinteässä olomuodossa $1,728 \text{ g/cm}^3$. Kiehumispiste 100 kPa paineessa on -112°C , sulamispiste -196°C . Epästabiiliutensa

vuoksi otsoni valmistetaan aina joko paikan päällä tai lähellä käyttökohdetta. (SFS-EN 1278)

Otsoni on voimakas hapetin. Tämä on otsonin kemiallisista ominaisuuksista tärkeimpiä. E_o^h -arvot volteissa:



Jos pH kasvaa yhdellä yksiköllä, E_o^h -arvot pienenevät 30 mV siirtynyttä elektronia kohden. 100 kPa paineessa, 25 ° C lämpötilassa ja kun pH=7, E_o^h -arvot ovat:

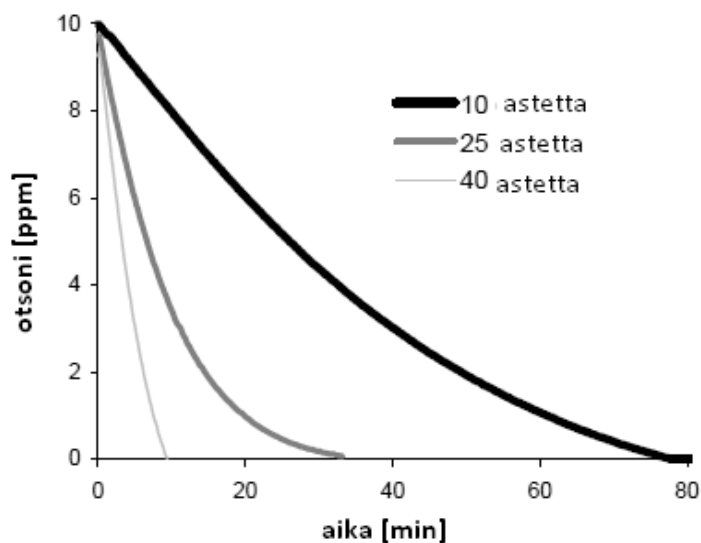
$$O_3 = 1,66 \text{ V (1)}$$

$$O_3 = 0,82 \text{ V (2)}$$

$$OH^\circ = 2,21 \text{ V (3)}$$

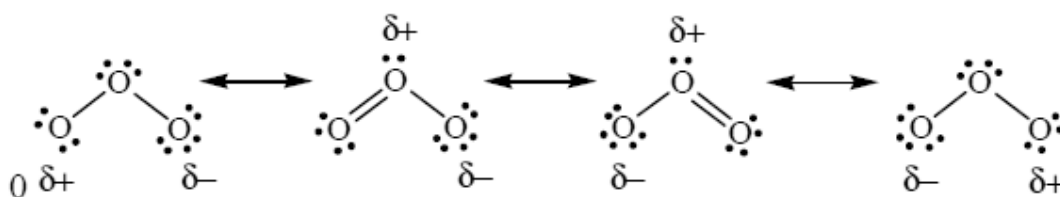
Otsoni reagoi yhdisteen (orgaaninen epäpuhtaus, metalli-ioni, vesimolekyyli) kanssa joko suoraan molekulaarisena otsonina tai välillisesti tuottamalla reaktiivisia hydrokssyliradikaaleja (Gottschalk, Libra & Saupe 2010, 14.)

Otsoni liukenee veteen kymmenen kertaa helpommin kuin happi. Tämä mahdollistaa verrattain korkeidenkin otsonipitoisuuksien saavuttamisen vedessä. Otsonin liukenevuus veteen riippuu paljolti veden lämpötilasta (kuvio 1). Otsonin vesiliukoisuus lämpötilassa 0°C on kaksi kertaa suurempi kuin huoneen lämmössä (von Sonntag & von Gunten 2012, 10.)



Kuvio 1. Otsonin hajoamisnopeus suhteessa lämpötilaan puhtaassa vesiliuoksessa (Eriksson 2005)

Voimakkaana hapettimena otsoni kykenee hapettamaan monia vedessä olevia orgaanisia ja epäorgaanisia yhdisteitä. Hapettuminen on kuitenkin valikoivaa siten, että esimerkiksi kaksoissidokset hapettuvat suhteellisen herkästi. Otsoni reagoi nopeammin tietyntyyppisten aromaattisten ja alifaattisten yhdisteiden kanssa, esimerkiksi sellaisten, joilla on elektronirikkaita substituentteja (esim. $-\text{OH}$ -tai aminoryhmiä).



Kuvio 2. Otsonimolekyylin resonanssirakenteita (Eriksson 2005)

Otsonilla on useita resonanssirakenteita (kuvio 2). Dipolaarisen rakenteensa vuoksi otsoni reagoi tyydyttymättömien kaksois- ja kolmoissidosten kanssa (Gottschalk ym. 2010, 17, 18.) Vedenkäsittelyssä suuri osa otsonin suorista reaktioista on dipolaarisia rengaslisäysreaktioita ja elektrofiilisiä substituutioreaktioita (SFS-EN 1278.)

Otsoni hajoaa erittäin herkästi vesiliuoksessa. Otsonin vesiliuokset ovat epästabiileja. Otsonimolekyyli hajoaa otsonin liuettua veteen. SFS-EN 1278-standardin kohtien 6.5.4. ja 6.5.5. mukaan otsonipitoisuuden puoliintumisaika vesiliuoksessa on 20 – 30 minuuttia riippuen veden koostumuksesta. Otsonin hajoamisreaktio on monimutkainen. Useita erilaisia kemiallisia reaktioita voi tapahtua samanaikaisesti. Eri reaktiomekanismit johtavat erilaisiin hapetustuotteisiin (Gottschalk ym. 2010, 14.) Otsonin epästabiilius johtuu hydroksidi-ionien muuttumisesta hydroksidiradikaaleiksi ja radikaalien jatkoreaktioista otsonin kanssa. Tämä reaktio jatkuu jopa neutraaleissa liuoksissa, joissa hydroksidi-ionien pitoisuus on matala (von Sonntag ym. 2012, 19.)

Veteen liuenneen otsonin hajoamisnopeus (veden otsoninkulutuksen kinetiikka) on riippuvainen mm. veden bikarbonaatti-ionipitoisuudesta, magnesium- ja kalsiumko- vuudesta, pH:sta, UV-säteilyn määrästä, veden lämpötilasta ja vedessä olevista muista epäpuhtauksista (Sallanko 2003, 55.) Otsonin hajoaminen kiihtyy veden alkalisuuden (pH:n) ja lämpötilan noustessa. Castrén (2013, 14) viittaa Gurolin & Singerin (1982) tutkimukseen, jonka mukaan otsonin hajoaminen on vähäistä pH:n ollessa alle 6, mutta tätä korkeammassa pH:ssa otsonin hajoaminen on merkittävää.

Otsonin hajoamiseen vaikuttaa vedessä olevat epäorgaaniset anionit sekä metalli-ionit. Niiden on esitetty olevan erittäin haitallisia, koska ne käynnistävät ketjureaktion, jossa otsonista muodostuu hydroksidi-ioneja sekä vetyperoksidi-ioneja. Metallionien otsonin hajotuskykyyn vaikuttaa myös metalli-ionien ja otsonin välisessä reaktiossa muodostuvien reaktiotuotteiden pysyvyys. Reaktiotuotteiden pysyvyyteen taas vaikuttaa mm. liuoksessa olevat muut ionit ja liuoksen pH-arvo. Otsonin hajoamista vesiliuoksessa kiihdyttävät ainakin seuraavat ionit: natrium (Na), alumiini (Al), kalium (K), Ti, kromi (Cr), sinkki (Zn), rauta (Fe), koboltti (Co), kupari (Cu), mangaani (Mn), nikkeli (Ni), magnesium (Mg), kalsium (Ca) ja bromi (Br). Metallionien otsonia hajotava vaikutus korostuu happamissa liuoksissa. Korkeilla pH-arvoilla otsonin hajoamisnopeuteen vaikuttavat pääosin OH^- -ionit (von Sonntag ym. 2012, 185 – 202, 205 – 211).

Orgaanisten aineiden läsnäolo vesiliuoksessa kiihdyttää otsonin hajoamista, koska otsoni reagoi veteen liuenneen orgaanisen aineksen kanssa. Hajoaminen riippuu pit-

kälsi orgaanisen aineksen koostumuksesta. (von Sonntag ym. 2012, 23). Tämä johtaa pienempien happipitoisten molekyylien muodostumiseen. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset karboksyylihapot, aldehydit ja ketonit. Otsoni kykenee pilkkomaan suuret orgaaniset molekyylit pienemmiksi yksiköiksi. Osittain pilkkoutuneet orgaaniset molekyylit ovat helpommin mikrobien hyödynnettävissä verrattuna alkuperäisiin. Tästä syystä otsonia on käytetty raakaveden puhdistuksessa mm. humusaineiden aiheuttaman ruskehtava värin poistossa ja fenolien aiheuttamien makuongelmien torjunnassa. Otsonilla hapetetaan myös tehokkaasti pelkistyneitä rauta- ja mangaaniyhdisteitä. (Seppänen 1993, 109.)

Jos vesi sisältää bromideja, otsoni reagoi muodostaen bromaatteja ja brominoituja trihalometaaneja. Otsoni reagoi myös vesiliuoksen sisältämän klooridioksidin kanssa muodostaen klooraattia (Seppänen 1993, 111): $\text{ClO}_2(\text{NaCl}_2) + \text{O}_3 \rightarrow \text{NaClO}_3 + \text{O}_2$.

Otsoni tuottaa hajotessaan vesiliuokseen vapaita radikaaleja kuten OH^\bullet , joka on myös voimakas hapetin: $\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{OH}^\bullet + \text{O}_2$. Hapettimena otsoni on selektiivisempi kuin otsonin hajotessa syntyvä hydroksyyli-radikaali, joka on epäselektiivinen. Molekulaarinen otsoni on tehokkaampi desinfioinnin kannalta. Otsonoitavan veden laatu tulee optimoida molekulaariselle reaktiomekanismille mahdollisimman suotuisaksi (Castren 2013, 15)

Sallanko (2003, 53) viittaa Tomiyasun (1985) ja Grasson (1987) tutkimuksiin, joiden mukaan otsonin hajoamisreaktiot vedessä tuottavat muitakin radikaaleja, jotka voivat reagoida vedessä olevien epäpuhtauksien kanssa. Tällaisia erittäin reaktiivisia radikaaleja ovat mm. hydroperoksidiradikaali HO_2^\bullet , superoksidiradikaali O_2^\bullet ja otsonidiradikaali O_3^\bullet . Yhdisteet, jotka voivat tuottaa superoksidi-ionin, ovat radikaalireaktion käynnistäjiä. Tällaisia ovat epäorgaanisista aineista mm. hydroksyyli-ioni OH^- , hydroperoksidi-ioni HO_2^- ja eräät kationit sekä orgaanisista aineista mm. glyoksaalihappo ja muurahaishappo. Myös UV-valo voi toimia prosessin käynnistäjänä. Radikaalireaktioita edistäviä aineita ovat lisäksi kaikki orgaaniset ja epäorgaaniset aineet, jotka kykenevät muodostamaan superoksidi-ionin hydroksyyli-radikaalista.

Otsonin desinfioiva vaikutus havaittiin jo 1900-luvun alkupuolella. Tämän jälkeen otsonia on käytetty menestyksekkäästi juomaveden desinfioinnissa. Pohjanteen

(1996, 3) mukaan otsonin desinfioiva vaikutus perustuu sen korkeaan hapetus-pelkistyspotentiaaliin. Otsoni kuuluu aktiivihapteen perustuvien desinfiointiaineiden kategoriaan. Muita tähän ryhmään kuuluvia aineita ovat mm. vetyperoksidi ja perhappopohjaiset desinfiointiaineet. Otsonia käytetään talous- ja uimaveden sekä teollisuuden ja jätevesilaitosten poistoilman desinfiointiin, ruuan sterilointiin ja tekstiilien valkaisuun. Salkinoja-Salosen (2002, 37) mukaan se tehoaa myös desinfiointiresistenttejä kystia muodostaviin alkueläimiin (*Cryptosporidium parvum*, *entamoeba histolytica* ja *Giardia intestinalis*).

Veden desinfektiossa on suositeltava otsoniannostus 1.5 – 2.0 mg/l. Pitoisuus riippuu vedessä olevien orgaanisten ja epäorgaanisten yhdisteiden määrästä (Seppänen 1993, 110.) Sallanko (2003, 56) viittaa O₃ Water Systemsin (2002) suositukseen, jonka mukaan minimipitoisuus kaivoveden desinfioinnissa on 0,5 mg/l. Gottschalkin ja muiden (2012, 46) mukaan prosesseissa, joissa eliminoidaan erilaisia orgaanisia yhdisteitä, optimaalinen otsonipitoisuus on 0,5 – 2.0 mg/l välillä riippuen orgaanisen aineksen määrästä.

Otsoni vaurioittaa mikrobisolun rakenteita. Otsonin mikrobeja inaktivoiva vaikutus on analoginen lyhyen aallonpituuden UV-säteilyn (UVC) ja ionisoivan säteilyn kanssa. Näissä kaikissa kohteena on DNA tai viruksilla RNA. Otsoni reagoi mikrobin DNA:n tai RNA:n emästen kanssa (tymiini tai RNA:ssa urasiili, sytosiini, adeniini, guaniini). Otsonin hajoamistuotteella hydroksyyliiradikaalilla on tässä prosessissa suuri merkitys (von Sonntag ym. 2012, 49.)

Otsoni reagoi nukleiinihappojen kanssa. Erityisen herkkiä ovat rikkipitoiset aminohapot, kuten metioniini ja kysteiini, kun taas fenyylialaniini ja alifaattiset aminohapot reagoivat heikommin. Viruksilla DNA:n / RNA:n sisältämä geneettinen informaatio on suojattu ainoastaan ohuella proteiininivaipalla. Otsoni hajottaa tämän proteiininivaipan helposti ja pääsee näin käsiksi DNA- tai RNA-ketjuihin. Bakteereilla DNA on kiinnittynyt bakteerien soluseinämiin. Otsoni hajottaa bakteerien soluseinämät aiheuttaen soluaineksen vuotamisen ulos ja bakteerin tuhoutumisen. Bakteerien inaktivointiin tarvitaan 10⁸ otsonimolekyyliä. Tämä vastaa pitoisuutta 0.01 mg/l. Yleensä käytetään 0.5 mg/l:n pitoisuutta (von Sonntag ym. 2012, 52.)

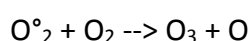
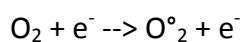
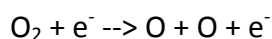
Mikro-organismin eliminaatio otsonilla on riippuvainen mikro-organismin lajista, otsonipitoisuudesta ja altistusajasta (von Sonntag ym. 2012, 51.) Osa mikro-organismeista kestää otsonia erittäin hyvin. Tällainen on esimerkiksi vatsatautiepidemioita aiheuttava *Clostridium Perfringens*. Se on itiöivä bakteeri, joka kestää hyvin mm. korkeita lämpötiloja. Tätä bakteeria käytetään myös otsonoinnin desinfiointitehon arviointiin (Castrén 2014, 25.)

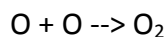
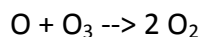
Otsonin synteesi koronapurkauksen avulla

Tarkasteltava laite tuottaa otsonia sähkövarauksen (koronapurkauksen) avulla käyttäen lähtökaasuna ilmaa. Otsonintuotanto ilmasta tai happikaasusta sähkövarauksen avulla on eräs tavallisimpia otsonintuotantomenetelmiä kaupallisissa sovellutuksissa. Otsonia voidaan tuottaa myös mm. sähkökemiallisesti vedestä (elektrolyysi), säteilykemiallisesti vedestä (röntgen- ja radioaktiivinen gammasäteily), tai fotokemiallisesti vedestä tai happikaasusta (Gottschalk ym. 2010, 118, 119.)

Työssä tarkasteltava laite tuottaa koronapurkauksen korkean jännitteen (4500 V) avulla. Purkaus tapahtuu kun jännite on riittävän korkea aiheuttamaan ympäröivän väliaineen ionisoitumisen. Elektrodin ympärille muodostunut ionisoitunut kaasu on hohtavan siniviolettiä, siitä nimi koronapurkaus.

Sähköpurkaukseen perustuvassa otsonaattorissa otsoni tuotetaan käyttäen kahden elektrodin välissä olevan sähkökentän elektronien energiaa. Elektronipurkaus ionisoi lähtökaasun. Kun elektroni törmää happimolekyyliin, se siirtää osan energiastaan happimolekyyllille, aiheuttaen sen hajoamisen. Atomaariset, reaktiiviset happiatomit osuvat muihin happimolekyyliin. Otsonin synteesi koronapurkauksen avulla on monimutkainen prosessi, jossa on havaittavissa ainakin kuusi pääreaktiota (Gottschalk ym. 2010, 120 - 122):

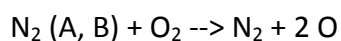
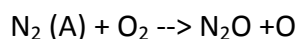
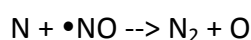
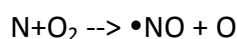




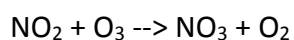
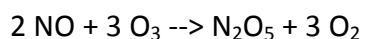
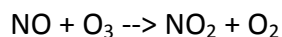
kun lähtökaasuna on ilma, reaktioyhtälön M voi olla O, O₂, O₃ tai N₂. Osa happiatomeista muodostaa otsonia ja osa yhdistyy uudelleen molekulaarisesti hapeksi.

Valmistusprosessin aikana sivutuotteena muodostuu myös typpioksideja, koska prosessin lähtökaasu (ilma) sisältää typpeä. Tämä tapahtuu siten, että typpi hajoaa radikaaleiksi jotka reagoivat happiradikaalien kanssa sähkövarauksen avulla. Jos lähtökaasussa (ilmassa) on vesihöyryä, prosessissa syntyy myös kaasumaista typpihappoa.

von Sonntag ja muut (2012, 8) viittaavat Kogelschatzin (2003) tutkimuksiin, joiden mukaan ilman käyttö lähtökaasuna otsonoinnissa johtaa lisäreaktioihin erilaisten typen muotojen kanssa:



Noin 50 % muodostuvasta otsonista syntyy tässä prosessissa typpeen perustuvien reaktioiden kautta. Prosessissa syntyy useita typpioksidilajeja •NO₂, NO₃, N₂O₅, jotka reagoivat edelleen otsonin kanssa:



Prosesseissa, joissa lähtökaasuna on ilma, •NO_x-muodostus on lähes 2 % otsonin muodostuksesta. Nämä typpiyhdisteet kasvattavat otsonin saantoa verrattuna puh-

taaseen happikaasuun lähtökaasuna. Gottschalk ja muut (2010, 125) toteavat, että kun lähtöaineena on ilma, sivutuotteena syntyy erittäin syövyttäviä typpioksideja: NO, N₂O, NO₂, N₂O₅. Otsonaattoreihin syötettävän lähtökaasun tulisi olla kuivaa, jotta vältetään otsonintuotannon epätoivotut vaikutukset. Vapaa happiatomi reagoi nopeasti vesihöyryn kanssa: $O + H_2O \rightarrow H_2O_2 \rightarrow 2 OH$. Vapaat hydroksyyli-radikaalit lisäävät paitsi otsonin hajoamista, ne myös reagoivat typpiyhdisteiden ($\bullet NO$, $\bullet NO_2 \rightarrow HNO_2$, HNO_3) kanssa. N₂O₅ hydrolysoituu HNO₃:ksi vedessä (von Sonntag ym. 2012, 8.)

Otsonin käyttöön liittyvät turvallisuuskohdat

Suurimmassa osassa kaupallisia otsonaattoreita otsonin tuotanto perustuu koronapurkaukseen. Otsonin tuotannossa käytetään lähtökaasuna yleensä kuivaa ilmaa tai puhdasta happikaasua. Kun lähtökaasuna on ilma, otsonikonsentraatio on 1-5 % (painoprosenteissa). Tällä pitoisuudella räjähdysvaaraa ei ole. Yli 10 % konsentraatiot voivat olla räjähtäviä. (von Sonntag ym. 2012, 7.)

Otsoni on myrkyllinen kaasu pienilläkin pitoisuuksilla. Näin ollen tarpeetonta altistusta on vältettävä (Seppänen 1993, 109). Otsoni on myrkyllinen hengitettäessä. Myrkytyksen ensioireet ovat päänsärky, hengitysteiden ärsytys ja tukehtumisen tunne. Jos otsonia pääsee huoneilmaan, tulee tila tuulettaa huolellisesti. Tulen käsittelyn riski otsonia tuottavien laitteiden laitevuotojen lähistöllä on sama kuin käsiteltäessä hapetta. Räjähdysvaara on olemassa myös otsonia sisältävien seosten haihtuessa. Syttymisvaaraa ei ole kuitenkaan olemassa nykyisillä pitoisuuksilla. (SFS-EN 15074, B1.)

Otsonin 8 tunnin haitalliseksi tunnetuksi pitoisuudeksi (HTP) on asetettu 100 µg/m³ (50 ppb) ja 15 minuutin HTP-arvoksi 400 µg/m³ (200 ppb). Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteiden laitoksen tutkijatohtori Marko Hyttinen (2013) on mitannut Lotus-Pro-otsonaattorin käytön aiheuttamia sisäilman otsonipitoisuuksia eri kohteissa Keski-Suomen alueella. Hänen mukaansa otsonipitoisuus nousi mitatuissa kohteissa hetkellisesti yli 50 ppb:n. Otsonipitoisuus laski myös nopeasti. Otsonivettä tuotettiin mittaustilanteessa vain pieniä määriä kerrallaan. Äänekoskella tehdyissä mittauksissa otsonivettä tuotettiin 20 minuutin ajan ja otsonipitoisuus ilmassa nousi n. 80 ppb:hen.

Pintamateriaalien otsoninkestosta

Otsonoidun veden tai otsonin hajoamistuotteiden (hydroksyyli-radikaalien) soveltuvuudesta erilaisille pintamateriaaleille ei ole olemassa tutkimustietoa puhtausalalta. Sen sijaan tietoa löytyy vedenkäsittelyn, elintarviketeollisuuden, tekstiiliteollisuuden ja puunjalostusteollisuuden aloilta.

Koska otsoni on vahva hapetin, sen kanssa tekemisissä olevien materiaalien tulisi olla korroosionkestäviä. Materiaalit jotka eivät kestä otsonin hapettavuutta voivat vapauttaa otsonoituun veteen epäpuhtauksia. Materiaalien ei tulisi myöskään aiheuttaa otsonin hajoamista. Otsonin pitoisuus ja veden laatu vaikuttavat materiaalivalintoihin. Tällä on vaikutusta pintamateriaalien korroosionkestoon (Gottschalk ym. 2010, 113, 114, 115.)

Pohjanteen (1996, 38, 45, 49) mukaan otsoni reagoi erittäin voimakkaasti kaikkien orgaanisten aineiden kanssa. Tämän takia otsoni ei sovellu luonnonkumia sisältäville materiaaleille. Synteettisistä kumeista otsonia kestävät klorosulfonoitu polyeteeni, etyleenipropyleeni sekä fluoroelastomeerit. Myös neopreeni, silikonit, FPM ja galvanoitu teräs kestävät matalia otsonipitoisuuksia. Muovimateriaaleista otsonia sisältäviä vesiliuoksia kestävätkin ainakin PTFE (teflon), PVDF, ECTFE (halar), vinyyliesterit ja PVC. Sen sijaan polyamidit, kuten nylon, polyetyleenit, polypropyleenit ja ABS eivät kestä otsonia. Ruostumattomilla teräksillä on hyvä korroosionkestävyys otsonipitoisissa vesiliuoksissa. Alumiini ja sen seokset eivät kestä otsonipitoista vesiliuosta. Puhtaassa ionivaihdetussa vedessä otsonin on todettu kiihdyttävän kuparin ja messingin korroosiota. Gottschalk ja muut (2010, 115) lisäävät tähän listaan vielä kvartsilasin, PFA:n, PVA:n ja keraamiset pinnat.

LotusPro-otsonointilaite

LotusPro-otsonointilaite on puhtausalalle lanseerattu kaupallinen otsonaattori, joka otsonoi vesijohtoverkostosta tulevaa talousvettä. Otsonintuotannossa laite käyttää lähtökaasuna ilmaa (siivouskeskusten huoneilma) ja otsonintuotanto perustuu koronapurkaukseen. Jännitekentän, jonka läpi ilmamassa johdetaan, vahvuus on 4500 V. Lopputuote on otsonipitoinen vesi, jota käytetään siivouksessa mm. pintojen mik-

rokuitunihkeäpyyhinnässä, yhdistelmäkoneajossa sekä saniteettitilojen ja muiden kosteiden tilojen puhdistuksessa ja desinfioinnissa.



Kuvio 3. LotusPro-otsonaattorin komponentit (lähde: Tersano inc. 2015)

Laitteessa on kaksi ulkoista osaa, stabilisaattorimoduuli ja moduuli jossa otsonointi ja otsonin liuotus veteen tapahtuu. Laite toimii siten, että kylmä talousvesi johdetaan vasemmalta alhaalta ensiksi stabilisaattorimoduulin läpi (kuvio 3). Tämän jälkeen stabiloitu talousvesi johdetaan toiseen moduuliin. Tässä moduulissa sijaitsevat elektrodit, joiden välillä huoneilmasta otettu ilmassa altistetaan suurjännitekentän tuottamalle koronapurkaukselle. Koronapurkauksen seurauksena ilmassaan kehittyy mm. otsonia. Seuraavaksi laite liuottaa ilmasta tuotetun otsonin stabiloituun talousveteen. Otsonoitu vesi tulee lopulta ulos alhaalta oikealta.

Laite kiinnitetään vesijohtoverkkoon. Valmistajan mukaan stabilisaattorimoduuli muuttaa yhdessä otsonaattorin kanssa tavallisen talousveden pitkään kestäväksi,

luonnolliseksi puhdistus- ja desinfiointiaineeksi. Stabilisaattoripatruunassa käytetään patentoitua Aqueous Ozone -teknologiaa joka säilyttää otsonin pidemmän aikaa liuoksessa. (Tersano inc. 2015.)

Mallin LQFC425K tuottaman otsoniveden puhdistus- ja desinfiointitehon maksimiaika on valmistajan mukaan 4 tuntia. Tällöin laitteessa on käytetty Series I - stabilisaattoripatruunaa, joka riittää 1600 gallonaan (n. 6000 litraan) otsonivettä. Mallin LQFC825K tuottaman otsoniveden puhdistus- ja desinfiointitehon maksimijaksi valmistaja ilmoittaa 24 tuntia. Tällöin laitteessa on käytetty Series II – stabilisaattoripatruunaa, joka riittää 800 gallonaan (n. 3000 litraan) otsonivettä. Valmistaja mainitsee tässä kohtaa, että puhdistus- ja desinfiointitehon maksimijat ovat otsonivesiliuokselle, jota on säilytetty suljetussa astiassa 21,5 ° C lämpötilassa (Tersano inc. 2015.)

Tersano inc. esittelee LotusPro -otsonaattorin tuottamaa otsonivettä internetsivuiltaan seuraavasti:

- Otsonivesi on ainoa siivouksessa tarvittava aine, ja sillä voidaan korvata kaikki perinteiset puhdistusaineet
- Otsonivesi soveltuu kouluihin, tehtaisiin, sairaaloihin, toimistorakennuksiin, hotelleihin ja kauppoihin.
- Otsonivesi tuo säästöjä puhdistusainekustannuksiin jopa 50 %
- Otsonivesi on 100 % kemikaaliton – ei toksiineja, karsinogeeneja tai jäämiä.
- Otsonivesi on desinfioiva. Se on merkittävästi tehokkaampi kuin klooriin perustuvat puhdistusaineet ja valkaisuaineet. Se tehoaa mm. seuraaviin mikrobeihin: *Escherichia coli*, *Salmonella*, *MRSA*, *Clostridium difficile*.
- Otsonivesi käy kaikille pinnoille ja kaikenlaisen lian poistoon
- Otsonivesi on luonnonaine
- Hapettimena otsoni on yli 50 % vahvempi kuin valkaisuaineet (perustuen ORP- eli ”oxidation reduction potential”- eli eri aineiden hapetuspelkistyspotentiaaliarvojen mittaukseen) (Tersano inc. 2015.)

Valmistajan internet-sivuilta löytyy myös Mycoscience inc. -yhtiön Tersanolle tuotama tutkimus, jossa tarkasteltiin LotusPro -otsonivettä elintarviketeollisuuden pinto-

jen puhdistajana. Otsoniveden desinfiointitehoa testattiin *S. aureus* ja *E.coli* – kantoihin laboratorio-olosuhteissa. Otsonivesiliuoksen valmistukseen käytettiin tislattua hanavettä, jonka lämpötila oli 16 – 18° C. Tutkimustulokset osoittivat, että *E.coli* ja *S. aureus* eliminoituivat yli 99 %:sti (Tersano inc. 2015.)

Valmistajan internetsivuilta löytyy myös yksi tutkimus, jossa hedelmiä ja kasviksia on pesty laitteen tuottamalla otsonivedellä. Tarkasteltavina mikrobilajeina on ollut *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* ja *Salmonella choleraesuis*. Otsonivesi on valmistettu steriloidusta hanavedestä ja vaikutusaika vaihteli 3 min 20 sekunnista 5 minuuttiin. Tulosten mukaan kaikki edellä mainitut taudinaiheuttajat vähenivät yli 99,9 %:sti (Tersano inc. 2015.)

Marko Hyttisen tekemät otsonipitoisuusmittaukset LotusPro -otsonointilaitteelle

Itä-Suomen Yliopiston ympäristötieteiden laitoksen tutkijatohtori Marko Hyttinen on tutkinut LotusPro-otsonaattorin rakennetta sekä tehnyt mittauksia laitteen tuottaman otsonoidun veden otsonipitoisuuksista eri kohteissa. Hän kävi tekemässä otsonipitoisuusmittauksen esimerkkikohteena olleen palvelutalon LotusPro -otsonointilaitteelle lokakuussa 2014. Laitteessa käytettiin tällöin Series II -patruunaa, joka valmistajan mukaan takaa otsoniveden puhdistus- ja desinfiointitehon 24 tunniksi.

Mittaus tehtiin käyttäen HACH Lange DR 2800 -laitetta. Reagenssina käytettiin HACH AccuVac High Range 0 – 1,50 mg/l O₃ otsonireagenssia (Cat. 2518025). Käytetty mittausmenetelmä on validi ja reliaabeli. Huoneen lämpötila oli mittaushetkellä 25,2 ° C.

Mittaus tehtiin siten, että otsonaattorin tuottamaa otsonivettä laskettiin joitakin minutteja ennen näytteen ottoa, jotta laitteen käynnistyksen vaikutus laitteen tuottaman otsoniveden otsonipitoisuuteen saataisiin eliminoidua. Mittausten välillä otsonivesinäytettä säilytettiin suljetussa, polypropeenimuovista valmistetussa astiassa, suojassa liikkeeltä, tärinältä ja luonnonvalolta. Astia suljettiin heti näytteen ottamisen jälkeen.



Kuvio 4. Otsonipitoisuuden määrittämisessä käytetyt mittalaitteet ja reagenssit



Kuvio 5. Reagenssin värimuutos korreloi vesinäytteen otsonipitoisuuteen

Laitteen tuottaman otsoniveden otsonipitoisuus puolittui ensimmäisen tunnin aikana ja oli 0,32 mg/l. Puolentoista tunnin kuluttua otsonipitoisuus oli jo alle suositellun ja oli 0,26 mg/l (Taulukko 1).

Taulukko 1. Otsonipitoisuusmittauksen tulokset

Klo	Aika (min)	Lämpötila (°C)	Otsonipitoisuus (mg/l)
12.50	0	15	0,81
13.00	10	16,5	0,72
13.10	20	17,4	0,65
13.40	40	X	0,52
13.50	60	19,5	0,32
14.20	90	20,0	0,26

Kun otsonipitoisuuden havaittiin olevan merkittävästi valmistajan ilmoittamaa pitoisuutta (1.5 – 2.0 mg/l) matalampi, tehtiin vielä seuraavanlainen koe: koska otsoni liukenee paremmin viileään veteen, laitteen tuottaman otsoniveden otsonipitoisuus mitattiin edellistä mittausta viileämmästä vedestä. Tällöin oletettiin, että laitteen tuottaman otsoniveden otsonipitoisuus olisi edellisen mittauksen lähtötasoa korkeampi. Otsonivettä laskettiin 1 minuutin ajan ennen näytteenottoa. Mittaushetkellä näyteveden lämpötila oli 10,9 ° C. Näytteen otsonipitoisuudeksi saatiin 0,77 mg/l, mikä oli edellisen mittauksen lähtötasoa matalampi.

3 Tutkimuksen toteuttaminen

3.1 Tutkimusongelma

Tutkimukseen muotoutui kaksi erillistä, mutta kokonaisuuden kannalta toisiaan täydentävää tutkimusongelmaa. Ensimmäinen tutkimusongelma on se, millaiset ovat

pintojen puhtaus- ja hygieniatasot, kun ylläpitosiivous toteutetaan käyttäen otsonoitua vettä. Toinen tutkimusongelma on se, millaisia ovat otsonoidulla vedellä toteutetun ylläpitosiivouksen siivouskäytänteet.

3.2 Aineiston keruu ja valinta

Tutkimusasetelma

Aineiston keruussa käytetty tilakohde on 1.10.2013 käyttöön otettu ympärivuorokautista tehostettua palveluasumista tarjoava hoivakoti. Kohteessa on 60 asukaspaiikkaa, jotka on jaettu neljään ryhmään: 15 asukaspaiikkaa / ryhmä. Asukkaat asuvat omissa 25 neliömetrin huoneissaan, jotka on varustettu wc- ja peseytymistiloilla.

Jokaisella ryhmällä on lisäksi omat oleskelu- ja ruokailutilansa. Rakennus on kaksikerroksinen, ja se on varustettu hissillä. Saunatilat ovat asukkaiden yhteiskäytössä, ja ne sijaitsevat 2. kerroksessa. Lisäksi rakennus sisältää henkilökunnan wc- ja taukotilat, aulatilat ylä- ja alakerrassa, käytävät, portaikot, siivous- ja jätehuoltotilat. Kiinteistön siivouskeskus sijaitsee 1. kerroksessa laitoksen kodinhoitohuoneen läheisyydessä.

Hoivakodissa työskentelee kaksi palvelupäällikköä, kuusi sairaanhoitajaa, 31,5 perustai lähihoitajaa ja kuusi laitoshuoltajaa. Siivouksesta vastaa ulkopuolinen palveluntuottaja, ja siistijöitä on kaksi. Siivous toteutetaan kaksivuorotyönä.

Rakennus otettiin käyttöön 1.10.2013, ja ylläpitosiivouksessa käytettiin kahden kuukauden ajan Johnson Diverseyn puhdistus- ja hoitoaineita: Profi, Sani 100 ja satunnaisesti kloori Sactive. Otsonoidun veden käyttö ylläpitosiivouksessa aloitettiin tammikuussa 2014.

Tutkimusote

Koska pintojen puhtaus- ja hygieniatasoa voitiin arvioida varmimmin mittaamalla, ensimmäistä tutkimusongelmaa tarkasteltaessa päädyttiin kvantitatiivisen tutkimusotteen käyttöön. Tutkimuksen perusjoukoksi määräytyi toimeksiantajan esittämän tilakohteen (hoivakoti) pinnat. Borgin ja muiden (2003) mukaan varmin tapa saada määrällistä tutkimustietoa on mitata halutut ominaisuudet jokaisesta tutkimuksen perusjoukkoon kuuluvasta havaintoyksiköstä. Tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista

käytännön syistä, sillä puhtaus- ja hygienianäytteiden ottaminen jokaiselta pinnalta olisi ollut mahdoton tehtävä.

Otantatutkimuksessa perusjoukkoa edustaa otos, josta saatuja tuloksia voidaan yleistää perusjoukkoon. Joskus on tarkoituksenmukaisempaa kerätä ns. näyte, joka ei edusta kattavasti perusjoukkoa, mutta jonka avulla saadaan käytössä olevilla resursseilla tarkoituksenmukaisemmin tietoa tutkittavasta asiasta (Borg ym. 2003). Tutkimuksessa oli tarkoituksenmukaisempaa mitata sellaisten havaintoyksiköiden ominaisuuksia, joissa tarkasteltavalla ilmiöllä oli merkitystä. Tämä tarkoitti käytännössä sitä, että näytteisiin sisällytetyt havaintoyksiköt olivat pääosin kosketuspintoja ja pintoja, jotka ovat hoivakodin hygienian kannalta kriittisiä. Näin ollen näytteisiin ei sisällytetty havaintoyksiköitä esimerkiksi katoista tai korkealla olevista kalusteista.

Näytteeseen sisällytetyt havaintoyksiköt olivat asukashuoneiden ja niiden yhteydessä olevien wc-tilojen kosketuspintoja (ovenkahvat, ovien ympäristö, valokatkaisijat, pöydän reunat, hanat, käsienpesualtaan reunat, wc-istuimen istuinrenkas) sekä puhdistuksen kannalta haasteellisia karhennettuja laattalattioita wc-tiloissa. Lisäksi tarkasteltiin yhteiskäytössä olevien saunatilojen (pukuhuone, pesuhuone, wc, sauna) pintapuhtautta ja -hygieniää. Näytteeseen sisällytetyjä havaintoyksiköitä olivat tällöin ovenkahvat, valokatkaisimet, karhennetut laattalattiat kulkuväylillä ja wc-istuimen edustalla, wc-istuimen tukikaide, pesuhuoneen seinien alaosat, pesuhuoneen karhennettu laattalattia lattiakaivon ympäriltä, saunan lauteet sekä saunan lattia kulkuväylältä. ATP -mittauksia tehtiin yhteensä 62 kpl ja Hygicult TPC -mittauksia 57 kpl. Mittaukset tehtiin yhteistyössä toimeksiantajan (FT Tuula Suontamo) kanssa.

Toisen tutkimusongelman osalta päädyttiin kvalitatiivisen tutkimusotteen käyttöön. Myös tätä tutkimusongelmaa olisi voitu tarkastella kvantitatiivisella otteella, kyselyn keinoin. Tämä ei kuitenkaan olisi ollut tarkoituksenmukaista. Koska ylläpitosiivouksen työkäytännöt olivat kohteessa yhteisesti sovitut, ei olisi ollut tarkoituksenmukaista kerätä aineistoa kvantitatiivisella otteella.

Tutkimusaineiston keruutavaksi valittiin teemahaastattelu. Teemahaastatteluun päädyttiin, koska vastauksia ei haluttu sitoa liikaa ennalta määritettyihin vastauksiin

(strukturoidut ja puolistrukturoidut haastattelut), mutta haastateltavien huomio haluttiin kuitenkin kiinnittää tutkimusongelmaan liittyviin teemoihin. Teemahaastatteluiden tarkoituksena oli kartoittaa hoitohenkilöstön ja siistijöiden työkäytänteitä liittyen otsonoidulla vedellä tehtävään ylläpitosiivoukseen. Teemahaastatteluja tehtiin kaksi kappaletta. Toinen haastateltava henkilö kuului ulkopuolisen palveluntuottajan siivoushenkilöstöön ja toinen hoivakodin hoitohenkilöstöön.

Tutkimuksen rajaukset

Tutkimuksesta rajattiin ulkopuolelle otsonoidun veden käyttäjänäkökulmaa esiin tuova osio. Kerätty aineisto ei olisi ollut määrällisesti riittävä yleispätevien johtopäätösten tekemiseen, mikä olisi vaikuttanut tutkimuksen validiteettiin. Teemahaastatteluiden osalta keskityttiinkin selvittämään ainoastaan työkäytänteitä.

3.3 Aineistonkeruussa käytetyt mittarit ja työvälineet

Kvantitatiivinen tutkimus edellyttää käsitteiden määrittelemistä sellaisiksi analyttisiksi käsitteiksi, joita voidaan mitata. Tällaista käsittemäärittelyä ja mittareiden luontia kutsutaan operationalisoinniksi. Tieteellisesti pätevällä mittarilla on tietyt vaatimukset. Mittarin määrittäminen lähtee siitä, että ensin määritellään asia tai ilmiö, jota halutaan mitata (Borg ym. 2007.)

Ensimmäisen tutkimusongelman osalta ilmiöt, joita haluttiin mitata, olivat pintojen fysikaalinen ja mikrobiologinen puhtaus. Näiden ilmiöiden mittaamiseen oli olemassa monia valideja ja reliaabeleja menetelmiä, joista oli olemassa runsaasti erilaisia kaupallisia sovellutuksia. Tutkimuksessa päädyttiin toimeksiantajan vakioimiin ja reliaabeleiksi sekä valideiksi toteamiin mittausmenetelmiin, joita olivat luminometrinen ATP -testausmenetelmä ja mikrobien maljaviljelymenetelmään perustuva Hygicult TPC.

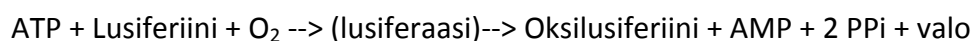
ATP -testaus eli luminometria

ATP -määrittäminen on luminesenssi-ilmiöön eli valon tuottamiseen perustuva entsyymaattinen pintojen puhtauden tutkimismenetelmä. Menetelmällä mitataan

solujen biologisen energian varastomuodon adenosiinitrifosfaatin (ATP) aiheuttaman valon määrää. Syntyvän valon määrä on suoraan verrannollinen näytteessä olevien solujen määrään (Rahkio, Suontamo, Virtalaine, Teirmaa, Syyrakki & Välikylä 2013, 13.)

Eläimet, kasvit, hiivat ja homeitiöt sisältävät adenosiinitrifosfaattia huomattavasti enemmän kuin bakteerit, joten kyseinen menetelmä ilmoittaa pinnoilla olevan ja bakteerien kasvualustana toimivan orgaanisen lian määrän. Luminometriamenetelmällä mitataan ns. kokonaishygieniaa. Menetelmän etuina voidaan pitää sen nopeutta verrattuna perinteisiin viljelytekniikoihin (Välikylä ym. 2010, 21.)

ATP muodostaa valoa reagoidessaan hapen, magnesiumin ja lusiferaasientsyymin kanssa. Lusiferaasi on tulikärpäsistä saatu entsyymi, joka hapettaa lusiferiinin aiheuttaen valoreaktion



Kuvio 6. SystemSure IITM & UltrasnapTM -luminometrijärjestelmä

Työssä käytetty ATP -määrittämenetelmän kaupallinen sovellutus oli SystemSure 2TM & UltrasnapTM (Kuvio 6).

Viljelymenetelmät: pintakontaktilevyt (Hygicult)

Perinteinen viljelymenetelmä perustuu mikrobien kasvattamiseen elatusaineessa, joka sisältää kaikki mikrobien tarvitsemat ravinteet. Elatusainetta sisältäviä omavalvontaan soveltuvia näytteenottovälineitä ovat erilaiset kosketusmaljat ja -liuskat.

Painamalla hyytelömainen elatusainepinta tiiviisti tutkittavaan pintaan saadaan siinä olevat mikrobit tarttumaan elatusaineeseen. Tietyn kasvatusajan jälkeen elatusaineelle muodostuneet mikrobipesäkkeet lasketaan ja näin saadaan arvioitua pinnan mikrobiologinen puhtaus pesäkkeitä muodostavina yksikköinä (pmy) (Välikylä ym. 2010, 20.)



Kuvio 7. Hygicult TPC -pakkauslaatikko ja suojaputkessa olevia kosketusliuskoja (vasemmalla), käytetty Hygicult -kosketusliuska (oikealla)

Näyte otetaan avaamalla putken kierrekorkki ja painamalla elatusaineen pintaa tiiviisti tutkittavaa pintaa vasten noin 3 sekunnin ajan. Levyn eri puolet voidaan painaa rinnakkain, jolloin saadaan tietoa isomman alueen hygieniatasosta. Levy laitetaan takaisin putkeen ja korkki suljetaan tiiviisti. Näytteenoton yhteydessä on varottava koskemasta elatusaineeseen. Elatusalustoja kasvatetaan huoneenlämmössä pimeässä ja vedottomassa paikassa 3 vuorokauden ajan. Elatusaineelle muodostuneet pesäkkeet (pmy) lasketaan tai kasvutiheyttä verrataan pakkauksen mukana tulleetseen mallitauluun. (Välikylä ym. 2010, 20.)

Työssä käytetyn menetelmän (Hygicult TPC) avulla voidaan määrittää ainoastaan mikrobien kokonaismäärä tutkittavalla pinnalla. Lisäksi tarvittaessa voidaan valita eri mikrobilajien kasvatukseen soveltuvia elatusalustoja tai tehdä muita mikrobiologisia lisätutkimuksia laboratoriossa. Hygicult TPC -menetelmällä ei voida myöskään todentaa bakteerien taudinaiheuttamiskykyä. Menetelmä on kuitenkin luotettava ja tulokset ovat vertailukelpoisia perinteisillä maljaviljelyillä saatuihin tuloksiin (Pönkä 1999, 296.)

Teemahaastattelu

Toisen tutkimusongelman osalta työvälineeksi ja haastattelun tueksi laadittiin liitteessä 5 esitetty lyhyehkö kysymyssarja.

3.4 Aineiston analysointi

Tutkimuksessa käytetyt raja-arvot ATP - ja Hygicult TPC -mittausmenetelmille

Tutkimuksessa käytetyt ATP - ja Hygicult TPC -menetelmien vertailuarvot ja arvosanat on esitetty taulukossa 2. Raja-arvot ovat peräisin toimeksiantajalta.

Taulukko 2. Tulosten käsittelyssä käytetyt ATP -ja Hygicult TPC -menetelmien vertailuarvot, arvosanat ja värikoodaus (Suontamo 2015).

ATP orgaaninen lika	YKSIKKÖ (RLU)*	ARVOSANA
	Alle 40	Hyvä
	40 – 60	Tyydyttävä
	Yli 60	Huono
HYGICULT kasvukykyiset bakteerit	YKSIKKÖ (pmy)**	ARVOSANA
	Alle 20	Hyvä
	20–100	Tyydyttävä
	Yli 100	Huono

* RLU = suhteellinen valoyksikkö, Relative Light Unit

** pmy = pesäkemäärä, pesäkkeitä muodostava yksikkö

Aineiston luotettavuus

Ensimmäisen tutkimusongelman osalta tarkasteltiin tutkimusaineiston keruussa käytettyjen mittareiden validiteettia ja reliabiliteettia. Validiteetin osalta tarkasteltiin sitä, olivatko valitut mittausmenetelmät soveltuvia haluttujen ominaisuuksien mittaamiseen. Tässä kohtaa validiteettia voitiin perustella paitsi tutkimuksen teoriataustalla, myös empiirisellä kokemustautalla. Tutkimuksessa käytettiin kaupallisia mittausmenetelmiä, jotka ovat Suomessa yleisesti käytettyjä pintapuhtauden ja pintahygienian mittaamisessa. Empiiriseen kokemustautaan viitaten menetelmiä voidaan pitää myös vakioituina FT Tuula Suontamon toimesta.

Validiteettia tarkasteltiin myös näytteenoton kohdistamisen suhteen. Kuten edellä mainittiin, on tarkoituksenmukaista mitata sellaisten havaintoyksiköiden ominaisuuksia, joissa tarkasteltavalla ilmiöllä on merkitystä. Validiteetti toteutui tältä osin.

Mittaustapahtumaan ja mitattavaan kohteeseen liittyvät tekijät tuli myöskin ottaa huomioon validiteettitarkastelussa. Mittauskohteeseen liittyvät tekijät korostuivat erityisesti siivouksen jälkeen tehtävissä mittauksissa. Mittaukset aloitettiin aina lattiapinnoista, jotta mittauksen suorittaja ei kontaminoisi kengillään lattiasta otettavia näytteitä. Mittaustapahtuman aikana käytettiin myös kenkäsuojia. Siivouksen jälkeen tehtävissä mittauksissa kiinnitettiin huomiota siihen, että mittauksen kohteena olevissa tiloissa ei oleskeltaisi ennen kuin näytteet on otettu, muutoin mittaukset olisivat menettäneet validiteettinsa. Havaintoyksikkö ts. se pinta, josta näyte otettiin, oli puhdistuksen jälkeen täysin kuiva, koska ylimääräinen kosteus olisi vääristänyt mitaustulosta.

Validiteettitarkastelussa huomioitiin myös mittareiden kalibrointiin ja mittausvälineiden tarkoituksenmukaiseen käyttöön sekä säilytykseen liittyvät tekijät. Jotta mittaus tulokset olisivat olleet luotettavia, käytettiin ATP -mittari huollettavana ja kalibroittavana maahantuojalla vähintään kerran vuodessa. Toinen ATP- mittaustuloksiin vaikuttava asia oli UltrasnapTM -putkien säilytys ja mittauksen aikana sekä sen jälkeen tapahtuvat toimenpiteet. Käyttämättömiä UltrasnapTM -putkia säilytettiin jääkaapissa, omassa suojapussissaan. Näytettä otettaessa käytettiin kertakäyttöisiä suojakäsineitä ja kun vanupuikko otettiin suojaputkesta, varottiin koskemasta käsin näytepää-

hän tai näytepuikon varsiosaan, koska käsistä irtoava ATP –aines olisi vääristänyt mittaustulosta.

Myös pyyhintätekniikalla on merkitystä menetelmän luotettavuuden suhteen. Yksittäinen näyte otettiin n. 10 cm*10 cm kokoiselta pinta-alalta, ja näyte otettiin pyyhkimällä pinta neljään eri suuntaan. Näytettä otettaessa näytepuikkoa painettiin kevyesti ja pyöritettiin samanaikaisesti, jotta lika tarttuisi tasaisesti näytepuikkoon. Näytteenoton jälkeen näytepää laitettiin heti takaisin suojaputkeen, jotta ilman tai käsien epäpuhtaudet eivät kontaminoisi sitä.

Kun kaikki näytteet oli otettu, näytepuikon vanuun tarttunut ATP -pitoinen likamäärä määritettiin luminometrisesti käyttöohjeen mukaisesti. Tässä kohtaa otettiin huomioon se, että luminometriamittaus oli tehtävä 4 tunnin kuluessa näytteen otosta. Valoreaktion aiheuttava reagenssi uutettiin näytepäähän vasta juuri ennen mittausta. Näyte olisi ollut käyttökelvoton, mikäli valoreagenssi olisi uutettu näytepäähän aikaisemmin. Näytepuikkoa ravisteltiin 7 sekuntia ennen sen asettamista mittalaitteeseen. Tämän ajan ylittäminen tai alittaminen olisi vääristänyt mittaustulosta.

Hygicult TPC:n osalta validiteettitarkastelussa huomioitiin näyteputkien säilyttämiseen, kuntoon ja viimeiseen käyttöpäivämäärään liittyvät asiat. Näyteputkia säilytettiin ohjeen mukaan käyttämättöminä huoneenlämmössä omassa pakkauksessaan suojassa valolta. Jos näyteliuskan elatusalusta olisi ollut jostakin reunasta irti, liuskan viimeinen käyttöpäivä olisi mennyt tai jos näyteputkia olisi availtu ennen näytteenottilannetta, olisi näyteliuska ollut käyttökelvoton.

Näytettä otettaessa varottiin kontaminoimasta näyteliuskaa käsin. Kädet suojattiin kertakäyttöisin suojakäsinein. Näyteliuskan elatusalusta painettiin tutkittavaan pintaan n. 3 sekunnin ajaksi. Tämän ajan ylittäminen tai alittaminen olisi vääristänyt mittaustulosta. Näyteliuska laitettiin heti mittauksen jälkeen takaisin suojaputkeen, jotta näyte ei olisi kontaminoitunut ilman tai käsien välityksellä. Näyteliuskojen inkubointi tehtiin ohjeiden mukaan.

Myös käyttämättömien kertakäyttöisten suojakäsineiden ja jalkasuojien hygieeniseen säilytykseen kiinnitettiin huomiota. Mittaustapahtuman aikana vältettiin ylimääräistä liikehdintää. Tämä vähensi epäpuhtauslähteiden määrää mittaustilanteessa.

Sekä ATP - että Hygicult TPC -menetelmien reliabiliteetista voidaan todeta, että kun näytteet otetaan tarkalleen samoista kohdista ja samanlaisissa olosuhteissa, noudattaen kaikkia edellä mainittuja käytänteitä, ovat molemmat menetelmät reliaabeleja.

Teemahaastatteluiden osalta validiteettia tarkasteltiin haastateltujen henkilöiden valintakriteerien vinouman osalta ja teemahaastatteluissa käytettyjen kysymysten osalta. Tässä kohtaa tulee huomioida se, että haastatellut henkilöt työskentelevät yksittäisessä toimintayksikössä. Eri henkilöstöryhmien haastattelun tulokset käsittelivät tarkasteltavaa ilmiötä ainoastaan kyseisen toimintayksikön osalta. Teemahaastattelujen tarkoituksena oli tarjota lisätietoa tutkijalle johtopäätösten tekemisen tueksi.

Valintakriteerien vinouman osalta voidaan todeta, että tutkijat eivät itse valinneet haastateltavia, vaan aineistonkeruussa käytetyn toimintayksikön hoitohenkilöstö ja siistijät valitsivat keskuudestaan ne henkilöt, jotka osaisivat parhaiten kuvata molempien ammattiryhmien työkäytänteitä liittyen otsonoidun veden käyttöön ylläpito-siivouksessa. Tämä lisäsi teemahaastattelun validiteettia siinä mielessä, että toimintayksikössä työskentelevä henkilöstö osasi nimetä tutkijoita paremmin ne henkilöt, jotka pystyivät antamaan vastauksia jälkimmäiseen tutkimusongelmaan liittyviin kysymyksiin. Kysymyksenasettelussa pyrittiin tarkkuuteen ja objektiivisuuteen, ja nämä toteutuivat hyvin suhteessa valittuun haastattelumenetelmään.

4 Tulokset

4.1 Pintapuhtaus- ja pintahygieniamittaukset

Asukashuoneessa oli orgaanista likaa ennen ylläpitosiivousta joissakin näytekohdissa melko runsaasti (liite 1). Likaa oli erityisesti kosketuspinoilla, ja näiltä pinnoilta saatiinkin ennen siivousta suurimmat ATP -lukemat.

Näytteessä nro 17 (valokatkaisin ennen siivousta) orgaanisen lian määrä oli erittäin runsas. Kyseistä näytettä otettaessa valokatkaisin pyyhittiin ATP -mittatikulla myös valokatkaisimen ulkosivuilta ja valokatkaisimen kytkinosan yläreunasta. Valokatkaisimen reunoissa on saattanut olla runsaammin likakertymää. Joka tapauksessa muovisten valokatkaisinten likamäärä väheni ylläpitosiivouksen jälkeen merkittävästi. Suuresta likamäärästä huolimatta valokatkaisimista ei löytynyt ennen siivousta tai siivouksen jälkeen kovinkaan suurta määrää mikrobeja. Tässä kohtaa tulee ottaa huomioon se, että ATP - ja Hygicult TPC -menetelmät mittaavat eri asioita, joten tulokset eivät ole verrannollisia keskenään.

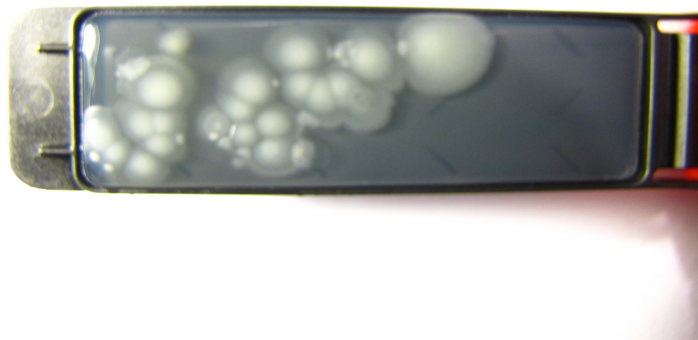
Myös teräksisten ovenkahvojen orgaanisen lian määrä väheni merkittävästi. Ovenkahvojen näytteet otettiin asukashuoneesta, jonka asukas on kokoaikaisesti vuodepotilaana. Lika- ja mikrobikertymät kyseisen huoneen ovenkahvoissa ovatkin peräisin henkilökunnan käsistä. Näytettä pyydettiin ottamaan nimenomaan tämän tyyppisestä ovesta, koska visuaalisesti tarkasteltuna näytti siltä, että ovenkahvoihin ja ovenpieliin jää käsihuhdejäämiä, jotka paakkuuntuvat limakertymiksi otsonivedellä puhdistettaessa. Tämä kertoo lähinnä siitä, että käsihuhuhteen ei anneta kuivua riittävästi ennen tiloista toiseen siirtymistä, jolloin ovenkahvoihin jää käsihuhdejäämiä.

Huomioitavaa on myös ovenkahvojen ja muiden kosketuspintojen Hygicult TPC -näytteiden mikrobilajisto (kuvio 8). Vaikka kyseisellä mittausmenetelmällä ei voida tehdä tarkempaa mikrobien lajintunnistusta, karkeasti ottaen voidaan sanoa, että jos kyseessä olisi ns. normaali mikrobifloora, näytelevyn mikrobifloora olisi huomattavasti kirjavampi. Normaalitylanteessa näytelevyltä olisi havaittavissa erikokoisia, -muotoisia ja – värisiä sieni- ja bakteerikasvustoja.

Ovenkahvojen ja muiden kosketuspintojen mikrobilajisto näytti kuitenkin varsin yksipuoliselta. Kasvusto oli rykelmä ”vesikellomaisia”, valkoisen läpikuultavia ”rakkuloita”. Havainto yhdestä mikrobilajista on kuitenkin harhaanjohtava, sillä vaikka näytteessä näyttäisikin olevan yksi mikrobilaji, tarkemmissa tarkasteluissa on usein osoittautunut, että näytteessä voi tällöinkin olla useampikin eri laji. Näytteet antoivat kuitenkin viitteitä siitä, että käsihuhdejäämissä on jokin mikrobilaji tai joitakin mikrobi-

lajeja, jotka ovat resistenttejä käsihuuhteelle ja siivouksessa käytettävälle otsonivedelle.

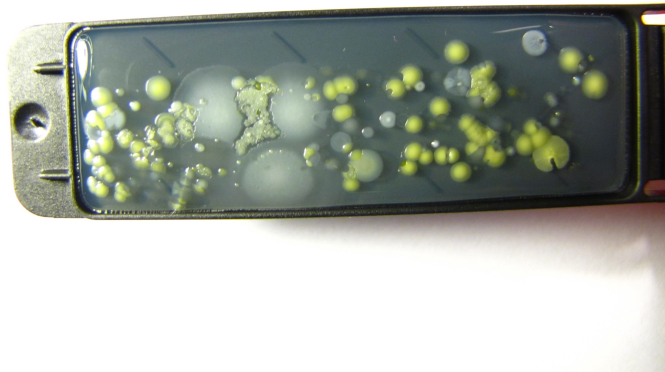
Kävin näyttämässä kuviossa 8 esitettyjä Hygicult TPC -näytteitä Jyväskylän kaupungin ympäristölaboratorion mikrobiologi Aija Luomalle. Hänen karkea arvionsa oli, että kyseiset kasvustot kuuluisivat *Bacillus*-sukuun. *Bacillus*-suvun bakteerit ovat itiöiviä, elinympäristössä (maaperässä, vesistöissä, ilmassa, pölyssä) normaalistikin esiintyviä bakteereja, joista osa on hyvinkin kestäviä epäedullisten ympäristötekijöiden (kuu- muus, kylmyys, kuivuus, ravinnon puute) suhteen. Tarkempaa arviota ei Hygicult TPC -menetelmällä kuitenkaan voida tehdä, vaan asia vaatisi jatkoselvityksiä. Tässä koh- taa tulee huomioida myös se, että vaikka osa *Bacilluksista* aiheuttaa ruokamyrkytyk- siä, infektion syntyyn vaikuttaa myös taudinaiheuttajamikrobien määrä, jonka on oltava kohtalaisen runsas ennen kuin oireita ilmenee.

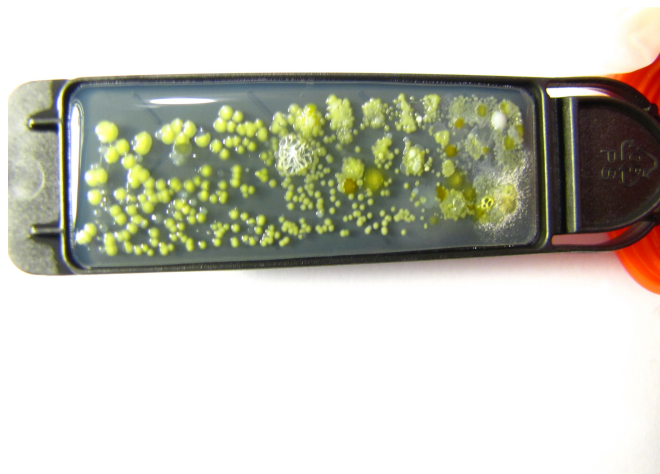




Kuvio 8. Hygicult TPC -näyte asukashuoneen ovesta ovenkahvan vierestä 16.9.2014, ennen siivousta (yläkuva) ja siivouksen jälkeen (alakuva)

Asukashuoneen wc-tilan lattiapinnan hygieniataso heikkeni ylläpitosiivouksen jälkeen (Kuvio 9). Wc-tilan lattiapinta koostui huokoisesta karhennetusta keraamisesta laattasta. Lattian annettiin kuivua täysin ennen näytteenottoa, jotta kosteusjäämät eivät vääristäisi mittaustulosta.





Kuvio 9. Hygicult TPC -näyte asukashuoneen wc-tilan lattiasta 16.9.2014, ennen siivousta (yläkuva) ja siivouksen jälkeen (alakuva)

Lattia kostutettiin ensin tavallisella vedellä ja otsonivesi lisättiin tämän jälkeen kostutetulle lattiapinnalle. Tämä johtui valmistajan edustajan ohjeistuksesta, jonka mukaan otsonivettä käytettäisiin kuten tavallista puhdistusainetta. Tällöin otsonivesi kuitenkin laimeni liikaa, jolloin sen puhdistusteho heikkeni. Lisäksi otsonivesi hapetti lattian kostutuksessa käytetyn talousveden sisältämiä epäpuhtauksia ("kalkki" eli talousveden alkaloinnissa käytetyt kalsium- ja magnesiumsuolat, talousveden sisältämä rauta ja mangaani), eikä otsonivedestä jäänyt tällöin puhdistustehoa pinnan epäpuhtauksille. Kolmanneksi, lattiapinnassa oli visuaalisesti havainnoiden havaittavissa kalkkisaostumia, joita otsonoitu vesi ei poistanut. Kalkkisaostumien suojiin jäi mikrobeja ja mikrobien elatusaineena toimivaa orgaanista likaa. Neljänneksi, wc-tilojen lattioissa oli lattialämmitys. Kohonnut lämpötila kiihdytti otsonin hajoamista vesiliuoksessa. Tässä vaiheessa ei vielä tiedetty, että otsonoidussa vedessä ei ollut valmistajan ilmoittamaa määrää otsonia. Jälkikäteen tarkasteltuna myös tämä oli yksi tärkeä syy heikolle hygieniatasolle.

Hygieniamittauksia tehtiin myös asukkaiden yhteiskäytössä olevalla saunaosastolla. Saunaosastoon laskettiin kuuluviksi eteinen, pukuhuone, wc, pesuhuone ja sauna. Saunaosasto oli riittävän hygieniatason ylläpidon kannalta haasteellisempi tila verrattuna muihin tiloihin. Saunaosastoa käytettiin päivittäin, ja pintoihin kohdistui suuri kosteus- ja likakuorman aiheuttama rasitus. Lika oli ihmisestä peräisin olevaa likaa,

kuten ihorasvaa (sebum) ja hiuksia, sekä erilaisten kosmeettisten tuotteiden (ihon ja hiusten pesuaineet ja kosteusvoiteet) rasvahappoja. Pintamateriaalit olivat huokoisia erityisesti lattiassa ja saunan lauteissa. Huokoinen materiaali yhdistettynä mikrobikantoja ravitsevaan rasvalikaan ja tilojen kohonneeseen kosteustasoon oli hyvä kasvualusta mikrobikasvulle ja desinfiointiaineille resistentin biofilmin muodostukselle. Muita tiloja korkeampi lämpötila edisti mikrobien kasvua.

Mittaustuloksista oli havaittavissa, että myös näissä tiloissa kosketuspinnat, kuten valokatkaisimet puhdistuivat hyvin (liite 2), samoin wc-istuimen muovinen, sileä istuinrenkas. Lattiapinnoilta ja saunan lauteilta otetut näytteet sen sijaan olivat sekä orgaanisen lian että mikrobitasojen suhteen huonot.

Tarkasteltaessa lattiapintojen mikrobimääriä (kuviot 10 ja 11) voitiin todeta, että otsonivedellä toteutettu ylläpitosiivous ei poistanut mikrobeja vaan paikka paikoin jopa lisäsi niitä. Huomioitavaa oli myös mikrobikasvuston värimuutos. Tämä kertoo siitä, että otsonivesi eliminoi osan mikrobilajeista tarjoten paremmat elinolosuhteet toisille mikrobilajeille.





Kuvio 10. Lattia saunan oven kohdalta 16.9.2014, ennen siivousta (yläkuva) ja siivouksen jälkeen (alakuva)





Kuvio 11. Saunaosaston lattia pukuhuoneen ja pesuhuoneen välisen oven kohdalta ennen siivousta (yläkuva) ja siivouksen jälkeen (alakuva)

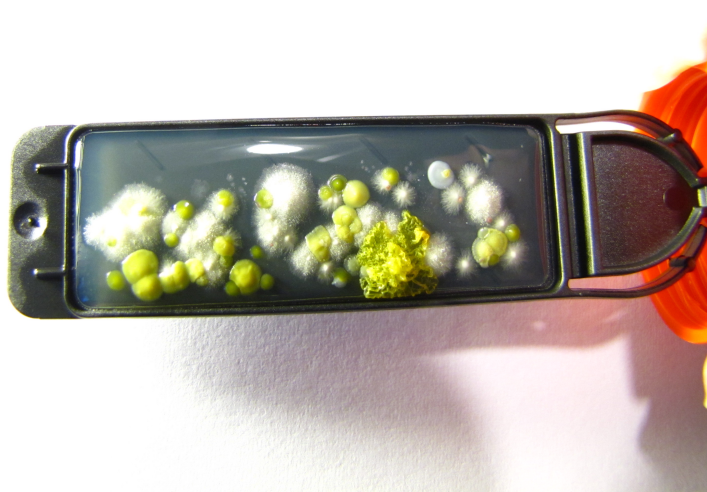
Myös saunan lauteiden orgaanisen lian ja mikrobien määrät olivat hälyttävän suuria (liite 2, kuviot 12 ja 13). Orgaanisen lian ja mikrobilian määrä oli lauteiden pesun jälkeen suurempi kuin ennen pesua. Tämä johtui siitä, että saunan lauteiden puiset huokoset avautuivat pesun yhteydessä ja lauteissa oleva lika pääsi nousemaan materiaalin pintaan. Saunan lauteet olivat lämpökäsiteltyä saarnia ja puumateriaalina erittäin huokoista. Orgaaninen, huokoinen puumateriaali yhdistettynä ihmisperäiseen likaan (hiki ja hien suolat) ja kohonneisiin kosteus- ja lämpöolosuhteisiin oli hyvä kasvualusta mikrobeille. Saunan kuumuus ei ollut riittävä mikrobien eliminointiin. Sen sijaan otsoniveden sisältämän otsonin hajoaminen kiihtyi kohonneessa lämpötilassa.



Kuvio 12. Saunan alalaude 16.9.2014, ennen siivousta (yläkuva) ja siivouksen jälkeen (alakuva)

Eri kohdissa sijaitsevien lauteiden (istuinlaude ja alalaude) mikrobikasvusto näytti olevan jokseenkin erilainen. Istuinlauteella oli myös vähemmän mikrobilikaa kuin alalauteilla. Tämä johtui siitä, että lattiat olivat yleisesti ottaen merkittävä mikrobi-reservi ja mikrobeja kulkeutui jalkapohjien mukana enemmän alalauteille. Istuinlauteilla käytettiin lisäksi istuinsuojia, mikä vähensi mikrobien ”ruokana” toimivan orgaanisen lian määrää ja tällöin myös mikrobilian määrä oli vähäisempi. Vaikka istuinlauteen mikrobimäärä oli vähäisempi, se ei ollut kuitenkaan riittävän alhaisella tasolla. Istuinlauteella näytti kasvavan ennen pesua lähinnä homeita ja sieniä. Pesun

jälkeen mikrobikanta näytti muuttuneen siten, että homeet ja sienet olivat vähemmistönä ja erilaiset bakteerit olivat vallanneet niiden elintilan.



Kuvio 13. Saunan istuinlaude 16.9.2014, ennen siivousta (yläkuva) ja siivouksen jälkeen (alakuva)

Johtuen erityisesti saunaosaston lattioiden ja lauteiden heikosta hygieniastasosta otsonoidun veden käytöstä ylläpitosiivouksessa luovuttiin pian mittaustulosten tultua ilmi. Tarkistusmittauksia käytiin tekemässä säännöllisin väliajoin myös otsonivesikoilun lopettamisen jälkeen. Tämän työn puitteissa tehtävään tarkasteluun sisällytettiin kaksi jatkomittausta. Ensimmäinen tarkistusmittaus suoritettiin n. kaksi viikkoa

otsonivesikokeilun lopettamisen jälkeen (30.9. 2014), toinen tarkistusmittaus n. neljä viikkoa otsonivesikokeilun lopettamisen jälkeen (14.10.2014). Tarkistusmittauksissa tarkasteltiin ainoastaan ensimmäisessä mittauksessa heikoimmat tulokset saaneita mittauspisteitä, tarkistusmittausten lukumäärä näytetyyppejä kohden oli 5 kpl (liitteet 3 ja 4).

Hygieniatasossa alkoi näkyä lievää korjaantumista kaksi viikkoa tavallisten puhdistusaineiden (yleispuhdistusaine, saniteettitilojen puhdistusaine) käyttöönoton jälkeen (liite 3). Pintapuhtaus ja pintahygienia olivat sekä orgaanisen likamäärän että mikrobimäärien osalta kuitenkin edelleen toimenpiderajojen yläpuolella.

Kuukauden kuluttua hygieniataso oli jo parempi, vaikka erityisesti mikrobilikaa löytyi edelleen toimenpiderajat ylittäviä määriä (liite 4). Tämä kertoi siitä, kuinka vaikeasti poistettavaa kosteiden tilojen mikrobilika oli, varsinkin jos pinnoille pääsi muodostumaan likakertymiä tai biofilmiä.

4.2 Teemahaastattelut

Hoitohenkilökunta käytti otsonoitua vettä ulkopuolisen palveluntuottajan kanssa tehtyyn palvelusopimukseen kuulumattomien pintojen ja kalusteiden puhdistukseen. Tällaisia pintoja olivat mm. asukashuoneiden wc-tilojen suihkutuolit, rollaattorit ja pyörätuolit, keittiön pöydät sekä eritetahrat. Pintojen pyyhintä toteutettiin käyttäen otsonoidulla vedellä nihkeytettyä mikrokuituliinaa.

Pintojen pyyhinnässä käytetyt mikrokuituliinat vaihdettiin puhtaisiin vähintään kerran päivässä, liinojen likaantuessa useamminkin. Otsonoitu vesi valmistettiin muoviseen yhden litran annospulloon. Annospullo vaihdettiin puhtaaseen kerran vuorokaudessa ja puhtaaseen pulloon valmistettiin uusi otsonivesiliuos. Samaa otsonivesiliuosta käytettiin kerrallaan yhden vuorokauden ajan.

Hoitohenkilöstö teki saunaosastolla välisiivouksen jokaisen asukkaan saunottamisen jälkeen. Välisiivouksessa saunan ja pesuhuoneen lattiapinnat sekä saunan lauteet suihkutettiin ensiksi otsonivedellä. Tämän jälkeen pintoja puhdistettiin mekaanisesti

harjaamalla ja pinnat huuhdeltiin tavallisella vedellä. Vesi vedettiin lattiakaivoihin lattiakuivaimella ja pinnoille suihkutettiin lopuksi otsonivettä desinfioidaan pintoja.

Otsonoitua vettä käytettiin myös eritetahrojen poistoon. Eritetahrat puhdistettiin siten, että suuri osa eritteestä poistettiin ensin käsipaperilla, jonka jälkeen pinta pyyhittiin otsonoidulla vedellä nihkeytettyllä kertakäyttöliinalla.

Siistijöiden edustajalle esitettiin samat kysymykset. Siistijät käyttivät otsonivettä ylläpitosiivouksessa kaikille siivoussopimukseen kuuluville pinnoille: lattioille, seinäpinnoille, kosketuspinoille, tasopinnoille, tekstiilikalusteiden pintapyyhintään sekä saniteetti- ja saunatilojen puhdistukseen. Valmistajan edustaja ohjeisti siistijöitä käyttämään otsonivettä tavallisten puhdistusaineiden tapaan.

Lattiat puhdistettiin käyttäen otsonivedellä nihkeytettyä mikrokuitumoppia tai mikrokuituista lattialiinaa sekä yhdistelmäkonetta. Yhdistelmäkoneessa käytettiin ainoastaan otsonivettä ja mekaniikkana punaista laikkaa tai harjalaikkaa. Koneellisia puhdistusmenetelmiä käytettiin usein, jopa viisi kertaa viikossa. Yhdistelmäkoneen säiliöt pestiin ja huuhdeltiin heti käytön jälkeen käyttäen ainoastaan otsonivettä ja astiaharjaa. Vapaat tasopinnat, seinä- ja kosketuspinnat puhdistettiin käyttäen otsonivedellä nihkeytettyä mikrokuituliinaa.

Saniteettitilojen kalusteet puhdistettiin siten, että otsonivesiliuos levitettiin annostelupullostasta ja käsienpesuallas harjattiin astiaharjaa käyttäen, tämän jälkeen kuivaus / pyyhintä käyttäen otsonoidulla vedellä nihkeytettyä mikrokuituliinaa. Wc-allas puhdistettiin siten, että istuinosat ja altaan runko pyyhittiin käyttäen otsonoidulla vedellä nihkeytettyä mikrokuituliinaa. Wc-altaan sisäpinnalle levitettiin annostelupullostasta otsonoitua vettä, jonka jälkeen harjaus ja huuhtelu.

Saniteettitilojen siivouksessa havaittiin kalkkisaostumien muodostumista. Käsi- ja konemenetelmin tapahtuvaa mekaniikkaa oli yleisesti ottaen käytettävä normaalia enemmän, jotta puhdistuksen lopputulos olisi ollut silmämääräisesti tarkasteltuna riittävällä tasolla.

Otsonivesiliuosta haettiin annospulloihin useamman kerran päivässä, kulutuksen mukaan. Annostelupulloja oli siivousvaunussa mukana useita kappaleita, johtuen

siitä ettei yksittäinen annostelupullo riittänyt kaikkiin saniteettitiloihin. Yhden annostelupullon sisältö riitti n. 7-8 saniteettitilaan. Annostelupullon tilavuus oli 0,5 litraa. Suurempikokoisten annostelupullojen käyttö olisi ollut työergonomian kannalta hankalaa. Siistijät arvioivat otsoniveden vuorokausikulutukseksi 70 – 80 litraa, josta suuri osa kului saunaosaston puhdistukseen. Annostelupullot puhdistettiin päivän päätteeksi otsonivedellä ja astiaharjalla ja jätettiin kuivumaan päivän päätteeksi, joten uusi otsonivesiliuos valmistettiin puhtaaseen annostelupulloon joka aamu.

Saunan päivittäisessä siivouksessa pintoja ei kostutettu ensiksi tavallisella vedellä, vaan otsonivesi levitettiin pinnoille sellaisenaan. Otsoniveden levityksen jälkeen käytettiin käsi- ja konemenetelmin tapahtuvaa mekaniikkaa (harjat ja harjalaikka, lauteiden pesussa hankauspesin). Tämän jälkeen pinnat huuhdeltiin tavallisella vedellä ja likavesi vedettiin teräväkuivaimella lattiakaivoon. Tämän jälkeen pinnoille levitettiin otsonivesisäiliöstä ohut desinfioiva kerros otsonivettä, joka jätettiin desinfioimaan pintoja. Saunatilojen puhdistuksessa käytetty säiliö huuhdeltiin otsonoidulla vedellä ja kuivatettiin käytön jälkeen, joten uusi liuos valmistettiin aina puhtaaseen säiliöön.

Otsonivesi kuljetettiin saunaosastolle kuljetuskärryyn kiinnitetyssä astiassa, johon oli kiinnitetty letku ja suihkusuutin (kuvio14). Saunan puhdistuksessa käytetyn otsoniveden kuljetussäiliö käytiin täyttämässä useita kertoja puhdistustapahtuman aikana. Saunan puhdistuksessa käytettiin tuoretta otsonivettä.



Kuvio 14. Otsoniveden kuljetuksessa käytetty vesisäiliö

5 Johtopäätökset ja ehdotukset jatkotoimenpiteiksi

Teoreettisen tarkastelun perusteella LotusPro -otsonaattorin tuottaman otsonoidun veden puhdistus- ja desinfiointiteholle asetettiin korkeat odotukset. Mittaustuloksiin viitaten otsonoidun veden puhdistusteho näytti olevan hyvä sileillä ja tasaisilla pinnoilla, joilla ei ollut runsaasti likakertymiä. Parhaiten näyttivät puhdistuvan ruostumattomasta teräksestä ja muovista valmistetut tasaiset ja sileät pinnat. Tällaisia pintoja olivat esimerkiksi ovenkahvat ja valokatkaisimet. Sen sijaan tiloissa ja pinnoilla,

joissa likakertymää oli paljon ja joissa likatyyppi kuului vaikeammin poistettaviin, otsoniveden puhdistusteho oli selvästi heikompi.

Asukkaiden yhteiskäytössä olevalla saunaosastolla orgaanisen lian ja mikrobilian määrä oli erittäin runsas lattiapinnoilla, pesuhuoneen seinäpinnoilla ja saunan lauteissa. Pinnan huokoisuus näytti vaikuttavan otsoniveden puhdistustehoon. Mitä huokoisempi ja epätasaisempi pinta oli, sitä heikompi oli myös puhdistusteho. Saunaosaston hygieniataso alkoi hiljalleen korjaantua, kun otsonivesisiivouksesta siirryttiin takaisin ”perinteisten” puhdistusaineiden käyttöön.

LotusPro-otsonaattorin tuottama otsonivesi

Suurin syy LotusPro -otsonaattorin tuottaman otsoniveden heikkoon tehoon oli se, että kyseisen laitteen tuottamassa otsonivedessä ei ollut riittävää otsonipitoisuutta. Tämä kävi ilmi Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteen laitoksen tutkijatohtori Marko Hyttisen tekemistä otsonipitoisuusmittauksista. Valmistaja ilmoitti laitteen tuottaman otsoniveden otsonipitoisuudeksi 1,5 - 2,0 mg litraa kohden. Valmistajan mukaan Series I -stabilisaattorilla otsoniveden puhdistusteho oli 8 tuntia ja desinfiointiteho 4 tuntia otsoniveden valmistuksesta, Series II -stabilisaattorilla puhdistustehoa oli 24 tuntia. Itä-Suomen yliopiston tekemissä mittauksissa otsonipitoisuudeksi saatiin lähtötilanteessa 0,7 – 0,8 mg litrassa ja otsonipitoisuus oli lähellä nollaa jo 1,5 tuntia otsoniveden valmistamisen jälkeen. Hyttisen mukaan pitoisuusmittausten tulokset olivat olleet samansuuntaisia ja jopa heikompia muiden kohteiden vastaaville laitteille tehdyissä pitoisuustutkimuksissa.

Valmistaja väitti internetsivuillaan kyseisen laitteen tuottaman otsonoidun veden tehoavan mm. *MRSA*- ja *Clostridium difficile* -bakteereihin. Tämän työn mittaustulosten mukaan valmistajan väite kyseisen otsonaattorin tuottaman otsoniveden desinfiointitehosta osoittautui vaarallisen harhaanjohtavaksi potilasturvallisuuden ja infektioiden torjunnan kannalta. Teoreettisesti tarkasteltuna vesiliuoksen otsonipitoisuuden olisi pitänyt olla orgaanisen aineksen (lian ja mikrobien) määrästä riippuen 0,5 – 2,0 mg litrassa, jotta sillä olisi minkäänlaista mikrobisidista tehoa. Alin pitoisuus (0,5 mg/l) alittui jo tunnin kuluttua otsonivesiliuoksen valmistamisesta.

Valmistajan internetsivulta löytyi yksi valmistajan tilaama ja kustantama mikrobiologinen tutkimus, jonka mukaan e.coli inaktivoitui yli 99,9 %:sti. Tutkimuksessa mittaukset oli tehty laboratorio-olosuhteissa. Otsoniveden valmistukseen oli käytetty steriloitua hanavettä, jonka lämpötila oli 16 – 18 °C. Tämä ei vastannut otsoniveden valmistuksessa käytetyn talousveden tai minkään muunkaan olosuhdetekijän suhteen niitä olosuhteita, joissa pintoja käytännössä puhdistettiin.

Laboratorio-olosuhteisiin verrattuna otsoni altistui käytännön siivoustyössä mm. lämpötilan vaihteluille, luonnonvalolle, otsonivesiliuoksen valmistuksessa käytetyn talousveden sisältämille epäpuhtauksille (erityisesti raudan ja mangaanin osalta), talousveden sisältämille kalsium- ja magnesiumsuoloille (alkalisuus), otsonivesiastioiden liikuttelulle ja tärinälle, mikrokuituliinojen likajäämille sekä muovisten kuljetus- ja säilytysastioiden ja yhdistelmäkoneiden muovisten puhdasvesisäiliöiden aiheuttamille materiaalipäästöille.

Otsonoidulla vedellä toteutetussa ylläpitosiivouksessa käytetyt työmenetelmät

Hoitohenkilöstö puhdisti ulkopuolisen palveluntuottajan palvelusopimukseen kuulumattomia pintoja otsonivedellä käyttäen sitä myös eritetahrojen poistossa. He käyttivät muoviseen annospulloon valmistettua otsonivettä yhden vuorokauden ajan ja vaihtoivat annospullon sen jälkeen puhtaaseen pulloon ja uuteen otsonivesiliuokseen. Pitoisuusmittausten perusteella hoitajat ja laitoshuoltajat olivat käyttäneet pintojen ja eritteiden desinfiointiin suurimman osan päivää vettä, jossa ei ollut lainkaan otsonia.

Saunan päivittäisessä siivouksessa hoitohenkilöstö teki teemahaastatteluissa ilmenneet siivoustoimenpiteet jokaisen asukkaan käynnin jälkeen siistijöiden tekemän päivittäisen siivouksen lisäksi, joten saunatilojen siivoustaajuus oli riittävä. Mittaustulosten perusteella otsonivesi ei puhdistanut tai desinfioinut saunatilojen pintoja. Tämä johtui kosteiden tilojen vaikeasti poistettavasta rasvaisesta, kalsium- ja magnesiumsuoloja sisältävästä kolloidimaisesta liasta sekä huokoisista pintamateriaaleista. Myös saunatilojen korkeampi lämpötila kiihdytti otsonin hajoamista.

LotusPro -otsonaattori toi valmistajan mukaan myös taloudellisia säästöjä kun asiakas välttyi ostamasta kalliita puhdistusaineita. Aineistonkeruun kohteena olleessa kiinteistössä LotusPro-otsonaattorin stabilisaattoripatruunoita vaihdettiin 9 kuukauden tarkastelujakson aikana neljä kertaa. Yksi stabilisaattoripatruuna maksoi n. 200 euroa, joten vuositason kustannukset tämän kokoisessa kohteessa olivat minimissään n. 800 euroa laitteen hankintahinnan (n. 2000 euroa) lisäksi.

Valmistaa väitti internet-sivuillaan, että laite tuo 50 % kustannussäästöt siivouksessa verrattuna ”perinteisiin” puhdistusaineisiin. Tämä tarkoittaisi aineistonkeruun kohteena olleessa kiinteistössä sitä, että ”perinteisten” puhdistusaineiden aiheuttamat kustannukset verrattuna pelkästään stabilisaattoripatruunoiden hintaan olisivat vuositasolla 1600 euron luokkaa. Tämä olisi suuri summa tämän kokoluokan tilakohteeseen.

Suorien aine- ja välinekustannusten lisäksi käytetty puhdistusmenetelmä aiheutti välillisiä kustannuksia. Käytettävän työmenetelmän tehokkuus (käsittäen nopeuden ja lopputuloksen laadun) on olennainen kustannustekijä, henkilöstökulujen ollessa tärkeimpiä menoeriä puhtausalalla. Teemahaastattelusta kävi ilmi, että siistijät kokivat työmääränsä kasvaneen otsonivesisiivouksen käyttöönoton myötä. Työmäärän kasvu johtui siitä, että käsi- ja konemenetelmin tapahtuvaa mekaniikkaa jouduttiin lisäämään, jotta lopputulos olisi silmämääräisesti tarkasteltuna riittävällä tasolla.

Otsonoidulla vedellä siivottavat pinnat ja tilakohteet

Tähän mennessä sopivaa ohjeistusta otsonoidun veden käyttöön ylläpitosiivouksessa ei ole ollut olemassa. Valmistajan edustaja oli ohjeistanut käyttämään otsonivettä tavallisen puhdistusaineen tapaan. Otsonoitua vettä tulisi kuitenkin käyttää ylläpitosiivouksessa sellaisenaan (ei siis pintojen esihuuhtelua tai otsoniveden laimentamista tavallisella vedellä) ja valmistettu otsonivesiliuos tulee käyttää 1-2 tunnin sisällä valmistusajankohdasta.

Otsonoitu vesi ei sovellu sauna- tai suihkutilojen puhdistukseen, koska otsoni hajoaa kohonneen lämpötilan vaikutuksesta, eikä puhdistusteho näytä riittävän kosteissa tiloissa esiintyvän orgaanisen, kalkki- tai mikrobilian poistoon. Koska otsoni reagoi

kloorin kanssa muodostaen myrkyllisiä kloraatteja, se ei sovellu myöskään tiloihin joissa käytetään klooria (uimahallit). LotusPro-otsonaattorin tuottaman otsonoidun veden käyttöä pintojen tai eritetahrojen desinfiointiin ei myöskään suositella, koska desinfiointitehoa ei ole.

Mittaustulosten perusteella otsonivesi näytti puhdistavan hyvin sileitä ja tasaisia pintoja, joissa ei ollut silmin havaittavia likakertymiä. Visuaalisesti arvioiden otsonoitu vesi näytti puhdistavan hyvin ruostumattomasta teräksestä ja lasista koostuvat pinnat. Otsonivesi soveltuukin mikrokuitunihkeäpyyhinnällä tapahtuvaan ylläpitosiivoukseen näille pinnoille ja sellaisiin likatyyppeihin, jotka ovat helposti poistettavia (kuten pöly ja vesiliukoiset tahrat).

Valmistaja väitti internetsivuillaan, että LotusPro:n tuottamalla otsonivedellä voitaisiin korvata kaikki perinteiset puhdistus- ja hoitoaineet. Lattiapinnat altistuvat voimakkaalle kulutukselle, ja lattiapinnan hoito erilaisin hoitoainein on tärkeä tekijä lattiapäällysteen kulutuksenkeston ja lattiapinnan elinkaaren aikaisen kunnossapidon kannalta, eikä lattioiden hoitoaineista ole tämän vuoksi syytä luopua. Otsonoitu vesi ei myöskään näyttänyt poistavan kalkkisaostumia, joten niiden poistoon tarvittaisiin joka tapauksessa yksi puhdistusaine.

Tutkimusprosessin tarkastelua ja jatkotutkimusaiheita

Tutkimusprosessi oli moniulotteinen suhteessa työn kontekstiin. Tutkimuksessa päästiin haluttuihin tavoitteisiin ja se tuotti uutta tietoa puhtausalan käyttöön. Tämä työ käsitteli kuitenkin ainoastaan yhtä kiinteistökohdetta. Jotta otsoniveden puhdistustehosta ja käytettävyydestä saataisiin lisää tietoa, tulisi otsonoidun veden vaikutuksia pintojen puhtaus- ja hygieniatasoihin tarkastella myös muissa kyseistä laitetta käyttävissä kiinteistökohteissa. Otsonin puhdistustehoa tulisi tarkastella myös erilaisissa olosuhteissa, huomioiden tilan lämpöolosuhteet, pinnan huokoisuus, käytetty puhdistusmenetelmä ja puhdistettavan lian tyyppi.

Eri pintamateriaalien otsoninkestoja tulisi tarkastella tarkemmin. Erilaisia pintamateriaaleja erilaisine variaatioineen on useita satoja. Monet pintamateriaalit sisältävät orgaanista alkuperää olevia komponentteja, joiden kanssa otsoni reagoi. Tällaisia

ovat esimerkiksi erilaiset kumi-, puu- ja muuta orgaanista alkuperää olevat materiaalit. Lattioiden suoja-aineina käytetyistä vahoista osa on luonnollista alkuperää olevia ns. luonnonvahoja, eikä otsonin soveltuvuudesta näille pinnoitteille ole saatavilla riittävästi tutkimustietoa. Osa pintamateriaaleista koostuu erilaisista muoveista ja niiden yhdistelmistä. Otsoni reagoi myös erilaisten muovilaatujen kanssa, joten muovikomponentteja sisältävien pintamateriaalien otsoninkesto tulisi myös tarkastella tarkemmin. Siivouksessa käytettävän otsonoidun veden otsonipitoisuutta tulisi myös tarkastella tarkemmin. Pitoisuuden tulisi olla sellainen, että puhdistus- ja ennen kaikkea desinfiointitehoa olisi, mutta eri pintamateriaalit eivät vielä vaurioituisi.

Laitteen käyttöturvallisuutta tai työntekijän altistumista otsonille ei ole tarkasteltu kovinkaan laajalti, ja näitä asioita tulisi jatkossa tarkastella. Tässä kohtaa tulee ottaa huomioon se, että vaikka otsoni on ”luonnontuote”, se on huoneilmaan päästessään myrkyllinen kaasu jo pieninä pitoisuuksina. Vaaratilanteita varten ei ole toistaiseksi olemassa ohjeistusta laitteen valmistajalta tai muulta taholta (TUKES). Toisin kuin happi, teoriataustaan viitaten laitteesta huoneilmaan vapautuva otsonikaasu ei ole kuitenkaan paloa edistävä tai räjähtävä laitteen tuottamilla matalilla otsonipitoisuuksilla.

Otsonivesi poisti lattiapinnoilta puhdistusainejäämiä ja siten ylläpiti lattiapintojen askelvarmuutta. Pitoisuusmittaukset ja otsonin reaktiivisuus huomioon ottaen on todennäköistä, että yhdistelmäkoneesta lattiapinnoille tulleen otsonoidun veden otsonipitoisuus oli alhainen, otsonin reagoidessa yhdistelmäkoneen muovisäiliön pintamateriaalin kanssa.

Askelvarmuuden parantamisessa ja puhdistusainejäämien poistossa pinnoilta tulisi-kin tarkastella myös yhdistelmäkoneajoa pelkällä vedellä. Teoreettisesti ajatellen yhdistelmäkoneen mekaniikka (laikka) voisi irrottaa lattiapinnalta puhdistusainejäämien sisältämiä tensidimolekyyliä ja siten puhdistusainejäämät poistuvat pinnoilta. Tässä lienee jatkotutkimuksen paikka.

Lähteet

ALS Food and Pharmaceutical. 2013. Results of efficacy study of Lotus Pro LSC225 K for use as a sanitizer for food contact surfaces. Viitattu 18.1.2015:

[Http://www.terzano.com/pdf/EN1276SeriesI.pdf](http://www.terzano.com/pdf/EN1276SeriesI.pdf)

<http://www.terzano.com/pdf/EN1276SeriesII.pdf>

Aulanko, M. 2010. Pesu- ja puhdistusaineet. Johdatus siivoukemiaan. Suomen siivousteknisen liiton julkaisuja.

Borg, S., Paaso, E., Mattila, M. & Sivonen, J. 2007. Mittaaminen. KvantimOTV - kvantitatiivisten menetelmien tietovaranto. Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 1.9.2014: [Http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/mittaaminen/mittaaminen.html](http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/mittaaminen/mittaaminen.html)

Borg, S., Paaso, E., Mattila, M. & Sivonen, J. 2003. Otos ja otantamenetelmät. KvantimOTV -kvantitatiivisten menetelmien tietovaranto. Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 2.9.2014:

[Http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/otos/otantamenetelmat.html](http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/otos/otantamenetelmat.html)

Castrén, J. 2013. Otsonointiprosessin desinfiointitehon optimointi talousveden valmistuksessa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma. Viitattu 15.1.2015:

[Http://www.vvy.fi/files/2636/Juomaveden_desinfiointi_otsonoinnilla.pdf](http://www.vvy.fi/files/2636/Juomaveden_desinfiointi_otsonoinnilla.pdf)

Eriksson, M. 2005. Ozone chemistry in aqueous solution. Ozone decomposition and stabilization. Lisensiaattityö, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

Finne-Soveri, H., Heikkinen, M., Hyötylä, I., Jakobsson, A., Kakkori, T., Lankinen, H., Nykänen, E., Oljakka, M., Paajanen, P., Pentti, M. & Sinervo, T. 2003. Hygieniä hoivlaitoksissa ja laitoshuoltajan työssä. 1. painos. Suomen Siivousteknisen liiton julkaisu- ja I:15.

Gottschalk, C., Libra, J.A. & Saupe, A. 2010. Ozonation of water and waste water. A practical guide to understanding ozone and its applications. 2. painos. Kustantaja: Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. Kustannuspaikka: KGaA, Weinheim.

Heikkilä, T., Hopsu, L., Huilaja, E., Karppela, P., Laine, K., Inkeroinen, S., Kivikallio, J., Korppi, K., Kääriäinen, P., Narko, R., Peltokorpi, M., Reunanen, R., Ryyänen, P., Salmelin, M., Valkosalo, T. & Yltiö, H. 2009. Siivoustaidon käsikirja. 20. uudistettu painos. Suomen Siivousteknisen liiton julkaisuja I:7.

Hiltunen L. 2009. Validiteetti ja reliabiliteetti. Graduryhmä 18.2.2009. Jyväskylän Yliopisto. Viitattu 3.9.2014:

[Http://www.mit.jyu.fi/ope/kurssit/Graduryhma/PDFt/validius_ja_reliabiliteetti.pdf](http://www.mit.jyu.fi/ope/kurssit/Graduryhma/PDFt/validius_ja_reliabiliteetti.pdf)

Kivikallio, J., Partanen, E., Partanen, S. & Peltonen, V. 2003. Lattiamateriaali rakennuksen elinkaaressa. Rakennussuunnittelu ja siivous. 1. painos. Palveluesimiehen käsikirja. Suomen Siivousteknisen liiton julkaisuja 2:8.

Korkeala, H. 2007. Elintarvikehygieniä, ympäristöhygieniä, elintarvike- ja ympäristötoksikologia. WSOY Oppimateriaalit Oy, 1. painos.

Langlais, B., Reckhow, D.A., Brink D. R. 1991. Ozone in water treatment: application and engineering. Lewis Publishers, USA.

Mycoscience inc. 2007. Results of efficacy study of Lotus Pro LSC225K for use as a sanitizer for food contact surfaces.

[Http://www.tersano.com/pdf/Mycoscience_FoodContactSurfaceTesting.pdf](http://www.tersano.com/pdf/Mycoscience_FoodContactSurfaceTesting.pdf)

Pohjanne, P. 1996. Otsonin vaikutus materiaalien korroosionkestävyyteen. Kirjallisuustutkimus. Espoo 1996. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT:n tiedotteita 1805. ISBN 951-38-5080-3. Viitattu 12.1.2015:

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1996/T1805.pdf>

Pönkä, A. 1999. Ruokamyrkytykset ja elintarvikehygieniä. 1. painos. Suomen ympäristöterveys Oy, Helsinki. ISBN 951-98349-0-7

Rahkio, M., Suontamo T., Virtalaine T., Teirmaa S., Syyrakki S., Välikylä T. 2013. Pinta-hygieniaopas. Opas suurtalouksien, elintarviketeollisuuden, elintarvikekaupan, elintarvikealan opetuksen ja terveydensuojelun käyttöön. Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy. 7. uud.painos. ISBN 978-952-9637-52-2

Salkinoja-Salonen, M. 2002. Mikrobiologian perusteita. Mikrobiologian julkaisuja 49/2001. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2002.

Sallanko, J. 2003. Otsoni ja vetyperoksidi pohjaveden puhdistuksessa. Oulun yliopisto, prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, vesi- ja ympäristötekniikan laboratorio.

Seppänen, H. 1990. Vesihygieniä ja desinfektio. Kustantaja: Otakustantamo. Kustannuspaikka: Karisto Oy Hämeenlinna.

SFS-EN 1278. 2010. Chemicals used for treatment of water intended for human consumption. Ozone. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 26.2.2015. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

SFS-EN 15074. 2014. Chemicals used for treatment of swimming pool water. Ozone. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 26.2.2015. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

SFS 5967. 2010. Puhtausalan sanasto. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Viitattu 13.1.2015. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

Sie, I. 2012. Personal and environmental hygiene in Norwegian nursing homes. Journal of Nursing Education and Practice, 2, 1. ISSN 1925-4059. Viitattu 2.1.2015:
[Http://www.sciedu.ca/journal/index.php/jnep/article/view/389/325](http://www.sciedu.ca/journal/index.php/jnep/article/view/389/325)

Sosiaalihuoltolaki 17.9.1982/710. Finlex-tietokanta. Viitattu 10.1.2015:
[Https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1982/19820710](https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1982/19820710)

Suontamo, T. 2011. Siivouskemian uudet tuulet. Koulutusmateriaali.

Suontamo, T. 2002. Siivousaineet. 1. painos. Palveluohjaajan käsikirja. Suomen Siivousteknisen liiton julkaisuja 2:7.

Tersano inc. Bacteria test results. Viitattu 18.1.2015:
[Http://www.tersano.com/pdf/BacteriaResults.pdf](http://www.tersano.com/pdf/BacteriaResults.pdf)

Tersano inc. Ozone – how it works. Viitattu 17.1.2015:
[Http://www.tersano.com/how-ozone-works/](http://www.tersano.com/how-ozone-works/)

Tersano inc. How the Lotus Pro works. Viitattu 16.1.2015:
[Http://www.tersano.com/downloads/Tersano_lotusPRO_HowItWorks.pdf](http://www.tersano.com/downloads/Tersano_lotusPRO_HowItWorks.pdf)

Tersano inc. Sustainability. Viitattu 17.1.2015:
[Http://www.tersano.com/sustainability/](http://www.tersano.com/sustainability/)

Tersano inc. Tersano Advantage. Viitattu 17.1.2015:
[Http://www.tersano.com/tersano-advantage/](http://www.tersano.com/tersano-advantage/)

Rönnqvist, M. 2014. Noroviruses on surfaces: detection, transfer and inactivation. Väitöskirja. Helsingin yliopisto, eläinlääketieteellinen tiedekunta. Viitattu 10.1.2015.
[Http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-0128-0](http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-0128-0)

Von Sonntag, C. & von Gunten, U. 2012. Chemistry of ozone in water and wastewater management. From basic principles to applications. Kustantaja: IWA Publishing, London.

Välikylä, T, Kivikallio, J, Suontamo, T, Keinänen, J, Kärnä, K & Aalto, P. 2010. Uimahallien ja kosteiden tilojen hygieniaopas. Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy.

Välikylä, T. 2008. Sosiaali- ja terveysministeriö. 2008. Asumisterveysopas. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen soveltamisopas. 2. uudistettu painos. Kustantaja: Ympäristö- ja terveystieteiden tutkimuskeskus, Vammala 2008.

LIITTEET

Liite 1. Asukashuoneen hygieniataso 16.9.2014, ennen otsonoidulla vedellä tehtyä ylläpitosiivousta ja ylläpitosiivouksen jälkeen

PVM 16.9.2014	Ennen siivousta					Siivouksen jälkeen				
	Näyte	ATP-tulos	Hygi A	Hygi B	Hygi-TCP	Näyte	ATP-tulos	Hygi A	Hygi B	Hygi-TCP
	No:	(RLU)			(pm y)	No:	(RLU)			(pm y)
As 18: ovenkahva ulkopuoli (ATP), oven reuna ulkopuoli (Hygi)	1	483	9	28	19	3	27	3	8	6
As 18: ovenkahva sisäpuoli (ATP), oven reuna sisäpuoli (Hygi)	2	52	13	2	8	4	6	1	0	1
As 105: valokatkaisin, kauempi (ATP), oven viereinen (Hygi)	17	4238	2	1	2	27	249	16	16	16
As 105: siirrettävä ruokapöytä	18	46	15	24	20	28	96	7	21	14
As 105: sängyn reuna (ei kuulu siivoukseen)	19	406	3	0	2	X	X	X	X	X
As 105: wc:n ovi, reikä (ATP), oven reuna (Hygi)	20	148	4	10	7	29	136	10	9	10
As 105: lattia wc-istuimen edestä	21	63	136	228	182	30	585	252	380	316
As 105: pesualtaan tukikaide	22	43	6	10	8	31	20	14	5	10
As 105: wc hana (ATP), pesualtaan reuna (Hygi)	23	33	17	18	18	32	7	24	17	21
As 105: suihkutuolin istuinreuna	24	76	33	28	31	33	33	15	14	15
As 105: suihkutuolin työntökahva	25	54	52	35	44	34	68	12	6	18
As 105: suihkutuolin jalkaosa	26	26	10	5	8	35	23	20	11	16
KESKIVARVO		472	25	32	29		114	34	44	39

Liite 2. Yhteiskäytössä olevan saunaosaston hygieniataso 16.9.2014 ennen tehtyä
ylläpitosiivousta ja siivouksen jälkeen

PVM 16.9.2014	Näyte No:	Ennen siivousta				Näyte No:	Siivouksen jälkeen			
		ATP- tulos (RLU)	Hygi A	Hygi B	Hygi- TCP (pmy)		ATP- tulos (RLU)	Hygi A	Hygi B	Hygi- TCP (pmy)
Lattia, pukuhuoneen oven kohta	5	167	528	664	596	36	179	1256	992	1124
Lattia, wc-istuimen edestä	6	46	672	296	484	37	7	288	216	252
Invatuki, wc-istuimen	7	3	10	6	8	38	3	5	14	10
Istuinrenkas etuosa, wc-istuimen	8	70	8	16	12	39	5	6	7	7
Valokatkaisin, pukuhuone: ATP käytävän puoli, Hygicult pesuhuoneen puoli	9	125	10	3	7	40	24	9	12	11
Lattia, puku/pesuhuoneen oven kohta	10	205	912	1024	968	41	187	1184	1008	1096
Lattia, saunan oven kohta	11	203	1296	1136	1216	42	75	1488	1240	1364
Alalaude vasemmalta	12	133	1056	1504	1280	43	1055	1352	1424	1388
Istuinlaude perältä	13	95	75	46	61	44	180	672	576	624
Lattia, pesuhuoneen lattiakaivon vierestä	14	75	1112	976	1044	45	212	904	1008	956
Suihkuseinän alaosa	15	310	768	664	716	46	160	528	432	480
Suihkuistuin vasemmalta seinustalta, siivouksen jälkeen oikealta	16	12	1	3	2	47	3	2	0	1
KESKIARVO		120	537	528	533		174	642	577	610

Liite 3. Saunatilojen hygieniataso 30.9.2014, kun ”perinteisiä” puhdistusaineita oli käytetty ylläpitosiivouksessa kaksi viikkoa otsoniveden käytön päättymisestä.

[illegible]

Liite 5. Teemahaastatteluissa esitetyt kysymykset

1. Mitä pintoja, kalusteita tai tiloja olette siivonneet otsonoidulla vedellä?
2. Mitä työvälineitä ja menetelmiä käyttäen olette toteuttaneet siivouksen?
3. Miten otsonoitu vesi on mielestänne toiminut siivouksessa suhteessa perinteisiin menetelmiin?

Liite 6. Käsitteet

alifaattinen yhdiste - yhdiste, joka ei ole aromaattinen eli ei sisällä bentseenirengasta tai muuta vastaavan tyyppistä rakennetta.

allotrooppi - samalla alkuaineella samoissa olosuhteissa esiintyvä eri kemiallinen muoto. Esim. hiilellä grafeeni, grafiitti, timantti, fullereeni.

aromaattinen yhdiste - kemiallinen yhdiste, jossa on rengasrakenne

biofilmi - mikrobien ympärilleen erittämä, polysakkarideista koostuva suojakerros

Clostridium difficile - sairaalainfektoita aiheuttava grampositiivinen, itiöivä sauvabakteeri

CFU - colony forming unit, pesäkeluku, vastaava suomalainen termi PMY (pesäkkeitä muodostava yksikkö)

Dispergoida – hajottaa

Escherichia coli (E.coli) – bakteeri, joka kuuluu ihmisten ja tasalämpöisten eläinten suoliston normaaliflooraan. Ulosteperäinen, aiheuttaa ruokamyrkytyksiä.

Elektrofiilinen - elektronihakuinen

Epäorgaaninen yhdiste - kemiallinen, ei elollista alkuperää oleva yhdiste, joka ei ole orgaaninen yhdiste. Esim. erilaiset mineraalit.

Hydrofiilinen - vesihakuinen

Hydrofobinen - vesipakoinen

Infektioannos - mikrobimäärä, joka riittää aiheuttamaan infektion

Konsentraatio - pitoisuus

Liukoisuus - liuenneen aineen määrä kylläisessä liuoksessa tietyssä lämpötilassa

Mikrobilika - mikrobeista (bakteerit, virukset, sienet) ja pieneliöistä koostuvaa likaa, joka on haitallista terveydelle tai puhtautta vaativalle toiminnalle.

MRSA - metisilliinille resistentti *Staphylococcus aureus*. Sairaalainfektioita aiheuttava, antibiooteille vastustuskykyinen bakteeri.

Nukleofiilinen - ydinhakuinen

Orgaaninen yhdiste - eloperäinen (tai synteettistä alkuperää oleva) hiilihiilidisidoksia sisältävä yhdiste.

Patogeeninen - tauteja aiheuttava

PMY - kts. CFU

RLU - relative light unit, ATP-mittauksessa käytetty mittayksikkö

Staphylococcus aureus - stafylokokkeihin kuuluva bakteeri. Yleinen ihmisten iholla ja limakalvoilla. Aiheuttaa erilaisia infektioita.

Substituentti - atomi tai molekyyli, joka korvaa hiilivetyketjussa vetyatomin

Substituutioreaktio - korvausreaktio

Talousvesi - vettä, jota käytetään kotitalouksissa juomavetenä ja ruoan valmistamiseen sekä elintarvikealan yrityksessä tuotteiden valmistamiseen